



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO
ENTORNO DE MORRINHOS – GO – UMA ANÁLISE
MULTIELEMENTAR EM SEDIMENTO DE CORRENTE E ÁGUA**

ALESSANDRO DE SOUZA PENNA

GOIÂNIA
2008



MESTRADO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E SAÚDE

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NO
ENTORNO DE MORRINHOS – GO – UMA ANÁLISE
MULTIELEMENTAR EM SEDIMENTO DE CORRENTE E ÁGUA**

ALESSANDRO DE SOUZA PENNA

Orientador: Prof. Dr. Eric Santos Araújo

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Fabrício Zara

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

GOIÂNIA
2008

DEDICATÓRIA

À Deus, Pelo imenso dom da vida.

Ào meu saudoso pai *in memoriam*, referência de caráter, sabedoria, humildade e honestidade.

À minha mãe, pelo amparo e conforto.

Aos meus filhos Alex e Pedro, razão única de meu esforço e motivação.

À minha amada esposa Karlla, alicerce, pilar e amor de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao “*Mestre*” Professor Dr. Eric Santos Araújo, meu orientador, pelo voto de confiança, dedicação e doação durante todas as etapas de trabalho.

Ao Professor Dr. Luiz Fabrício Zara, co-orientador, pela disponibilidade e envolvimento com o trabalho.

Ao Engenheiro Ambiental Rafael Monteiro, pelo apoio e fundamental ajuda durante as coletas das amostras a serem analisadas.

À Prefeitura Municipal de Morrinhos-GO, pelo crédito, apoio e direcionamento para uma melhor leitura de dados que foram base para o desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Católica de Brasília – UCB em seu Laboratório de Análises Químicas, pelas análises e leitura das amostras coletadas.

À Universidade Católica de Goiás – UCG em seu Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde, pela estrutura disponibilizada e pelos préstimos de cada um de seus funcionários.

À Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – CPRM, pela estrutura disponibilizada e pelas informações concedidas que foram de fundamental importância para o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas do Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da Universidade Católica de Goiás – UCG, pelo companheirismo durante todo o tempo em que estivemos juntos.

À Hospfar Ind. e Com. de Produtos Hospitalares Ltda, na pessoa de seus diretores e colaboradores de modo geral, pelo apoio, compreensão e incentivo que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos grandes amigos da Equipe de Animação do Encontro de Casais, pelos momentos de descontração que nos revigorava e nos fortalecia para que continuássemos em nossa caminhada.

A meu pai Duílio Abreu Penna (*in memoriam*), pelo histórico de vida deixado que foi espelho para meu crescimento.

A minha mãe Dulcina e a meus filhos Alex e Pedro, pela paciência e apoio nos momentos mais difíceis.

E principalmente à Professora Ms. Karlla Greick Batista Dias Penna, minha amada esposa, pelo irrestrito apoio, pelo exemplo profissional, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência ilimitada, pelas lições de vida e pelo simples fato de existir em minha vida.

RESUMO

O trabalho, realizado no município de Morrinhos - GO, objetivou avaliar a concentração de metais pesados em drenagens do entorno, no lago existente em sua área urbana, em sua Estação de Tratamento de Água (ETA) da SANEAGO e também em cinco residências através de uma análise multielementar em vinte e oito amostras de água superficial e sedimento de corrente. Esta avaliação visou levantar as possíveis contaminações ambientais, sejam naturais ou antrópicas, a fim de relacioná-las com a saúde. Foram determinados os padrões físico-químicos da água (oxigênio dissolvido, pH, turbidez e condutividade) que foram devidamente representados através dos mapas de distribuição. Foram realizadas as análises químicas nas amostras de água e sedimento de corrente, através dos métodos de AA, ICP-OES, ICP-MS e Cromatografia Líquida. A partir dos resultados obtidos e estatisticamente tratados foram confeccionadas quatro matrizes de correlação pertinentes a cada tipo de amostra, definidas as associações geoquímicas de cada matriz e desenvolvidos outros sessenta e sete mapas de distribuição dos elementos químicos selecionados. A análise dos resultados em sedimento de corrente mostraram altas concentrações para Cd, Cr e Sb. Na análise dos resultados em água superficial foram encontrados resultados anômalos para os elementos Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Ni, Pb, Sb e V. Observou-se com isso que, quanto maior a distância dos pontos de amostragem de sua nascente, e maior é a proximidade com a área urbana, maiores também são os impactos ambientais causados pela ação antrópica. Tais impactos devem-se ao fato das drenagens serem utilizadas para recreação e lazer, irrigação de plantações, hortas e pomares, além de serem recipientes de esgotos. Os resultados obtidos evidenciam uma situação de risco ambiental que pode comprometer a saúde da população que faz uso constante das águas da região.

Palavras-chave: metais pesados, contaminação, saúde

ABSTRACT

The work, conducted in Morrinhos city, state of Goiás, Brazil, aimed to evaluate the concentration of heavy metals in the environment drainages in the lake located at its urban area, in the ETA - Estação de Tratamento de Água (an water treatment station) of SANEAGO (the state company responsible for water treatment and supply), and also in five households. All the work was done through an analysis multi-elemental by using twenty-eight samples of surface water and running sediment. This evaluation aimed to raise the possible natural and anthropogenic environmental contamination, in order to relate them to the people healthy. It was obtained the water physical-chemical patterns (by analyzing dissolved oxygen, pH, turbidity and conductivity), which were duly represented through maps of distribution. It was performed the chemical analysis on the samples of running water and sediment through the methods of AA, ICP-OES, ICP-MS and Liquid Chromatography. From the results obtained and statistically treated were made four correlation matrices from each sample, as defined the geochemical of each matrice and developed others sixty seven selected maps for the chemical distribution. The analysis of the results in running sediment showed high concentrations for Cd, Cr and Sb. In the analysis of the results in surface water were found abnormal results for the elements Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Ni, Pb, Sb and V. It was observed that, each greater the distance of sampling points from its source (near to the urban area), greater the environmental impacts caused by the anthrop action. Such impacts are due to the fact of drainages being used for recreation and leisure, irrigation of crops, gardens and orchards, in addition the water is been used as containers of sewage. The results obtained show an environment risk situation which can jeopardize the healthy of the people, who use the water on the region.

Key words: heavy metals, contamination, healthy

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xvi
1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1. Elementos químicos, ambiente e saúde.....	21
3.2. Geologia e saúde	28
3.3. Hidrogeoquímica	32
4. CARACTERIZAÇÃO DE ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.1. Localização	37
4.2. Clima	38
4.3. Aspectos geomorfológicos e geológicos	38
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
5.1. Planejamento preliminar.....	42
5.1.1. Parâmetros para definição da área de estudo.....	42
5.1.2. Sistemática de numeração das amostras.....	43
5.1.3. implantação da logística	48
5.2. Atividades de campo	50
5.3. Coleta de água e sedimento de corrente.....	50

5.4. Atividades de campo e laboratoriais.....	52
5.5. Água.....	54
5.6. Sedimento de corrente	54
5.6.1. Procedimento de digestão de sedimento de corrente	55
5.7. Tratamentos dos dados e resultados obtidos.....	56
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
6.1. Resultados integrados das análises físico-químicas das águas.....	57
6.2. Análise geoquímica multielementar de sedimento de corrente	61
6.3. Análise geoquímica multielementar das águas	90
6.3.1. Distribuição multielementar em água superficial	90
6.3.2. Distribuição multielementar da água superficial do lago.....	108
6.4. Análise geoquímica multielementar da água nas casas e ETA da SANEAGO.....	123
7. CONCLUSÃO.....	134
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
ANEXOS	145

LISTA DE ABREVIATURAS

AA – Absorção Atômica

AAS – Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria por Absorção Atômica)

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AP – Alessandro Penna

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais

ECRR – European Committee on Radiation Risk

ETA – Estação de Tratamento de Água

GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP-MS – Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado)

ICP-OES – Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado)

MPS – Geosoft Mapping and Processing System

MS – Ministério da Saúde

NDqI – Cobertura Detrito-Laterítica Ferruginosa

NOM – Norma Oficial Mexicana

NP1y.2gn – Ortognaisses do oeste de Goiás

NPab – Grupo Araxá

OMS – Organização Mundial de Saúde

PGAGEM – Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica

UCB – Universidade Católica de Brasília

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa geológico representativo da área em estudo.

Figura 2. Mapa de amostragem de água superficial e sedimentos de corrente.

Figura 3. Mapa de amostragem de água do lago.

Figura 4. Mapa de amostragem de água das casas.

Figura 5. Mapa de localização da área de estudo.

Figura 6. Equipe de coleta.

Figura 7. Kit completo para amostragem de água e sedimento de corrente.

Figura 8. Medição dos parâmetros físico-químicos das amostras de água coletada.

Figura 9. Atividades de campo e laboratoriais para as análises de água.

Figura 10. Atividades de campo e laboratoriais para as análises de sedimentos de corrente.

Figura 11. Mapa integrado da distribuição do Oxigênio Dissolvido (mg/L).

Figura 12. Mapa integrado da distribuição do pH (un).

Figura 13. Mapa integrado de distribuição da Condutividade (Mho/cm).

Figura 14. Mapa integrado da distribuição da Turbidez (UNT).

Figura 15. Matriz de correlação para os sedimentos de corrente.

Figura 16. Mapa de distribuição do Boro em sedimento de corrente.

Figura 17. Mapa de distribuição do Cádmiio em sedimento de corrente.

Figura 18. Mapa de distribuição do Ferro em sedimento de corrente.

Figura 19. Mapa de distribuição do Tântalo em sedimento de corrente.

Figura 20. Mapa de distribuição do Zinco em sedimento de corrente.

Figura 21. Mapa de distribuição do Telúrio em sedimento de corrente.

Figura 22. Mapa de distribuição do Cromo em sedimento de corrente.

Figura 23. Mapa de distribuição do Bário em sedimento de corrente.

Figura 24. Mapa de distribuição do Cobre em sedimento de corrente.

Figura 25. Mapa de distribuição do Cálcio em sedimento de corrente.

Figura 26. Mapa de distribuição do Magnésio em sedimento de corrente.

Figura 27. Mapa de distribuição do Estrôncio em sedimento de corrente.

Figura 28. Mapa distribuição do Chumbo em sedimento de corrente.

Figura 29. Mapa de distribuição do Lítio em sedimento de corrente.

Figura 30. Mapa de distribuição do Níquel em sedimento de corrente.

Figura 31. Mapa de distribuição do Escândio em sedimento de corrente.

Figura 32. Mapa de distribuição do Gálio em sedimento de corrente.

Figura 33. Mapa de distribuição do Vanádio em sedimento de corrente.

Figura 34. Mapa de distribuição do Nióbio em sedimento de corrente.

Figura 35. Mapa de distribuição do Potássio em sedimento de corrente.

Figura 36. Mapa de distribuição do Lantânio em sedimento de corrente.

Figura 37. Mapa de distribuição do Berílio em sedimento de corrente.

Figura 38. Mapa de distribuição do Ítrio em sedimento de corrente.

Figura 39. Mapa de distribuição do Manganês em sedimento de corrente.

Figura 40. Mapa de distribuição do Titânio em sedimento de corrente.

- Figura 41.** Matriz de correlação das águas superficiais.
- Figura 42.** Mapa de distribuição do Ferro em água superficial.
- Figura 43.** Mapa de distribuição do Cálcio em água superficial.
- Figura 44.** Mapa de distribuição do Manganês em água superficial.
- Figura 45.** Mapa de distribuição do Estrôncio em água superficial.
- Figura 46.** Mapa de distribuição do Bário em água superficial.
- Figura 47.** Mapa de distribuição do Magnésio em água superficial.
- Figura 48.** Mapa de distribuição do Sódio em água superficial.
- Figura 49.** Mapa de distribuição do Cromo em água superficial.
- Figura 50.** Mapa de distribuição do Arsênio em água superficial.
- Figura 51.** Mapa de distribuição do Titânio em água superficial.
- Figura 52.** Mapa de distribuição do Cádmiio em água superficial.
- Figura 53.** Mapa de distribuição do Chumbo em água superficial.
- Figura 54.** Mapa de distribuição do Telúrio em água superficial.
- Figura 55.** Mapa de distribuição do Tântalo em água superficial.
- Figura 56.** Mapa de distribuição do Zircônio em água superficial.
- Figura 57.** Mapa de distribuição do Mercúrio em água superficial.
- Figura 58.** Mapa de distribuição do Ítrio em água superficial.
- Figura 59.** Mapa de distribuição do Lantânio em água superficial.
- Figura 60.** Matriz de correlação das águas do lago.
- Figura 61.** Mapa de distribuição do Alumínio nas águas do lago.

- Figura 62.** Mapa de distribuição do Lantânio nas águas do lago.
- Figura 63.** Mapa de distribuição do Bário nas águas do lago.
- Figura 64.** Mapa de distribuição do Ferro nas águas do lago.
- Figura 65.** Mapa de distribuição do Cobalto nas águas do lago.
- Figura 66.** Mapa de distribuição do Cromo nas águas do lago.
- Figura 67.** Mapa de distribuição do Cobre nas águas do lago.
- Figura 68.** Mapa de distribuição do Magnésio nas águas do lago.
- Figura 69.** Mapa de distribuição do Cálcio nas águas do lago.
- Figura 70.** Mapa de distribuição do Sódio nas águas do lago.
- Figura 71.** Mapa de distribuição do Estrôncio nas águas do lago.
- Figura 72.** Mapa de distribuição do Vanádio nas águas do lago.
- Figura 73.** Mapa de distribuição do Escândio nas águas do lago.
- Figura 74.** Mapa de distribuição do Antimônio nas águas do lago.
- Figura 75.** Mapa de distribuição do Chumbo nas águas do lago.
- Figura 76.** Mapa de distribuição do Zircônio nas águas do lago.
- Figura 77.** Matriz de correlação das águas das casas e ETA da SANEAGO.
- Figura 78.** Mapa de distribuição do Ferro na água das casas.
- Figura 79.** Mapa de distribuição do Manganês na água das casas.
- Figura 80.** Mapa de distribuição do Cobalto na água das casas.
- Figura 81.** Mapa de distribuição do Berílio na água das casas.
- Figura 82.** Mapa de distribuição do Alumínio na água das casas.

Figura 83. Mapa de distribuição do Vanádio na água das casas.

Figura 84. Mapa de distribuição do Cromo na água das casas.

Figura 85. Mapa de distribuição do Estrôncio na água das casas.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Toponímia e localização dos 28 pontos amostrados no entorno e na cidade de Morrinhos-GO.
- Tabela 2.** Resultados integrados dos padrões físico-químicos das amostras de água.
- Tabela 3.** Síntese dos valores máximos obtidos em sedimento de corrente x valores máximos permitidos pela CETESB.
- Tabela 4.** Sumário estatístico dos padrões geoquímicos do sedimento de corrente coletado nos córregos.
- Tabela 5.** Síntese dos valores máximos obtidos em água superficial x valores máximos permitidos pela Resolução nº 357 do CONAMA.
- Tabela 6.** Sumário estatístico dos padrões geoquímicos das águas superficiais coletadas nos córregos.
- Tabela 7.** Síntese dos valores máximos obtidos nas águas do lago x valores máximos permitidos pela Resolução nº 357 do CONAMA.
- Tabela 8.** Sumário estatístico dos padrões geoquímicos das águas do lago.
- Tabela 9.** Síntese dos valores máximos obtidos nas águas das casas x valores máximos permitidos pela Resolução nº 357 do CONAMA.
- Tabela 10.** Síntese dos valores máximos obtidos nas águas da ETA x valores máximos permitidos pela Resolução nº 357 do CONAMA.
- Tabela 11.** Sumário estatístico dos padrões geoquímicos das águas coletadas nas casas.
- Tabela 12.** Sumário estatístico dos padrões geoquímicos das amostras da ETA da Saneago.

1. INTRODUÇÃO

A Geologia Médica ou Geomedicina é uma ciência recente e multidisciplinar que está diretamente ligada com a Geoquímica Ambiental. Estuda relações dos fatores geológicos naturais e a saúde através da ação biológica dos elementos químicos. A mais de 2.000 anos, textos chineses já descreviam a utilização de minerais para 46 diferentes propostas medicamentosas (Selenius, *et al.* 2004), incluindo, ainda a identificação e caracterização das fontes naturais e ou antrópicas.

A composição química das águas, dos solos e rochas é controlada por sua mineralogia e alterada em função de intemperismo, além dos efeitos erosivos da água corrente, ventos e outros fatores climáticos (Cortecci, 2007).

No Brasil, devido à sua extensão territorial as bacias hidrográficas apresentam uma grande diversidade de ambientes litológicos e espécies multi-variadas da fauna e flora aquática (Cordeiro, *et al.* 2004). Os mapas de distribuição dos elementos químicos constituem umas das principais ferramentas da Geomedicina para a indicação de áreas com excesso ou carência de suas concentrações. Áreas com altas concentrações podem indicar depósitos minerais (prospecção geoquímica), a localização de rejeitos industriais ou residenciais, resíduos de pesticidas, fertilizantes, e podem ser alvos de investigações epidemiológicas (Licht, 2001); (Siegel, 2002).

A coleta e a análise de água superficial e sedimento de corrente e sua posterior interpretação constitui um excelente instrumento para se conhecer e monitorar os recursos hídricos. São úteis também para a detecção de problemas ambientais e contaminações antrópicas. Os sedimentos de córregos sempre

contêm íons de metais, mas as concentrações variam em função da geologia local ou ainda da ação antropogênica (Samanidou & Fytianos, 1990). Segundo Licht (2001), a composição química da água e do sedimento de corrente pode ser integrada a dados sócio-econômicos e de saúde pública ou a quaisquer outros dados (vegetais ou animais), para o estabelecimento de relações de causa-efeito dos processos que ocorrem no sistema ambiental.

No entorno da cidade de Morrinhos-GO foram coletadas amostras de sedimento de corrente e água superficial no Córrego Pipoca, Córrego Paulinho, Córrego Galinha, Córrego Maria Lucinda, Córrego Cordeiro e Ribeirão da Areia. No lago existente próximo à área urbana foram coletadas onze amostras, em diferentes pontos, de água superficial. Por fim, coletou-se água em cinco residências e em dois pontos da ETA (Estação de Tratamento de Água) da SANEAGO. Todas as amostras foram analisadas de uma forma multielementar através dos métodos de ICP-MS e ICP-OES. Para a análise do elemento Potássio (K) foi utilizado o método de Absorção Atômica (AA).

A área de estudo foi selecionada em função de apresentar problemas de impacto ambiental e indícios de possíveis doenças relacionadas com o elemento Cromo (Cr).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar a análise multielementar em amostras de água e sedimento de corrente nos pontos de coleta pré-determinados do entorno da cidade de Morrinhos-GO objetivando a avaliação da concentração de metais pesados com análise multielementar através dos métodos ICP-OES - Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado), ICP-MS - Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado) e AAS – Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria por Absorção Atômica), e relacioná-la com a saúde.

2.2. Objetivos específicos

- Coletar água e sedimento de corrente e realizar, in loco, a leitura dos parâmetros físico-químicos;

- Realizar a análise multielementar nas amostras de água e sedimento de corrente através da ICP-OES - Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado), ICP-MS - Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado) e AAS – Atomic Absorption Spectrometry (Espectrometria por Absorção Atômica);

- Realizar através dos dados obtidos nas análises as etapas relacionadas:

- Definição de parâmetros geoquímicos utilizando o *software* OASIS-Montaj – versão 6.1 da GEOSOFT;

- Estabelecimento da matriz de correlação a fim de definir as associações geoquímicas;

- Elaboração de mapas georeferenciados da distribuição dos elementos químicos selecionados;

- Detecção de possíveis fontes de contaminação, a fim de relacionar suas influências sobre a saúde humana.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Elementos químicos, ambiente e saúde

A vida em si, vegetal ou animal, é uma seqüência de transformações químicas. O corpo humano é considerado o maior e mais complexo laboratório químico. Contudo, apesar de conhecer-se uma infinidade de matérias, pouco mais de uma centena de tipos de átomos quimicamente diferentes são conhecidos (Feltre, 1998). Cada um desses tipos representa um elemento químico com nome e símbolo próprio que podem ser encontrados na natureza, aproximadamente, em um número de 90. Os demais são produzidos artificialmente pelo homem. Estes elementos químicos constituem a base do ar, dos rios, dos oceanos, bem como da terra. O ser humano tem em sua constituição 61% de hidrogênio, 25% de oxigênio, 10% de carbono, e 2% de nitrogênio, totalizando 98%. O restante, 2%, divide-se entre outros metais e minerais dentre os quais estão os chamados elementos traços, essenciais para o perfeito funcionamento das funções biológicas humanas e que podem ser encontrados em concentrações de 10 a 100 ppm, ou menos (Horovitz, 1988; Steiger, 1998). Contudo, nem todos e nem só os elementos traços são essenciais para a vida, mas são sem dúvida mais numerosos e, em determinadas situações, alguns podem ser mais importantes que os elementos mais comuns (Cortecci, 2007).

Considerando as necessidades vitais, os elementos podem ser divididos em macronutrientes essenciais (~100mg/dia: Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S) e micronutrientes essenciais (~ 10mg/dia: Cr, Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, e possivelmente Ni, Si, Sn, V). Assim se contrapõem elementos maiores e traços, devendo-se ter cautela nas definições de necessidades e de caracterizações de

toxicidade (Cortecci, 2007). Dos elementos da tabela periódica, aproximadamente 30 deles podem ser tóxicos ao ser humano, ameaçando a vida, apesar de não se poder desconsiderar o papel bioquímico e biológico de cada qual (Pascalichio, 2002).

Os metais têm tido uma notável e significativa importância para a completa evolução da vida considerando a acumulação seletiva de elementos traços nos organismos vivos, bem como na evolução dos processos de óxido-redução das células durante diferentes períodos de transição da anaerobiose para aerobiose (Komantina, 2004). Atualmente sabe-se que dos 60 elementos encontrados no organismo humano, cerca de 36 são metais. A seleção da evolução é responsável pela diferenciação dos elementos em essenciais e tóxicos (Horovitz, 1998).

Considera-se que os problemas de saúde causados por elementos químicos devem-se não só à presença de elementos tóxicos ao organismo, mas também devido ao rompimento do balanço da quantidade ótima de elementos essenciais para cada organismo. Paracelso (apud Cortecci, 2007) definiu como lei básica da toxicologia: “Todas as coisas são venenosas e nada é venenoso; é só uma questão de dosagem”. Assim, tanto a presença de elementos tóxicos, como a carência ou o aumento da concentração de elementos essenciais, pode causar efeitos biológicos negativos.

Para melhor se compreender sobre a toxicidade de cada elemento torna-se necessário entender a toxicologia como uma ciência multidisciplinar que inclui necessariamente dois aspectos de suma relevância que são as circunstâncias e as condições de exposição ao tóxico. E assim, tomando-se por base estes aspectos, pode se então definir os limites de segurança dos agentes químicos,

entendendo-se como segurança a probabilidade de uma substância não produzir danos em condições específicas (Schvartsman, 1985).

A toxicidade de cada elemento está relacionada à nocividade de uma substância para um organismo, presente tanto nos produtos químicos sintéticos quanto naqueles que existem naturalmente no ambiente. Esta toxicidade será a propriedade potencial que as substâncias químicas possuem, em maior ou menor grau, de instalar um estado patológico em consequência de sua introdução e interação com o organismo. Esta maior ou menor gravidade de ação dependerá de diversos fatores relacionados sempre com a substância química e com o organismo, que condiciona a presença do agente, em determinada concentração, no sítio específico de ação (Larini, 1997).

Em se tratando do risco à saúde, torna-se importante a análise da dose e do nível de exposição a determinado elemento, visto que alguns efeitos estão diretamente relacionados à dose e à biodisponibilidade e indiretamente a fatores químicos, geoquímicos e biológicos que a influenciam (Ge *et al.*, 2000).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT define procedimentos que permitem caracterizar o grau de toxicidade de certas substâncias, os quais baseiam-se em análises químicas efetuadas em meio neutro (ensaio de solubilidade – ABNT – NBR10006) e em meio levemente ácido (ensaio de lixivação – ABNT – NBR10005) (Scarpelli, 2003).

Entende-se por biodisponibilidade como sendo a porção de uma espécie química que está disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. Esta biodisponibilidade é pré-requisito, mas não é determinante para causar toxicidade de um elemento, a qual somente pode ser proclamada após documentação de efeitos negativos nas funções biológicas dos organismos

receptores. A biodisponibilidade química para os organismos animais e vegetais e, indiretamente ao homem, é condicionada pela composição química das águas e pelas propriedades específicas dos elementos químicos (Cortecchi, 2007).

A poluição dos sistemas aquáticos por elementos traço é um importante fator que afeta tanto o ciclo geoquímico desses elementos quanto a qualidade ambiental. Contudo, a partir da década de 90, a poluição do solo por esses elementos tem merecido especial atenção, sendo mundialmente reconhecida como um problema que pode representar sérios riscos à saúde humana e à qualidade do meio ambiente (Guilherme, 2005). Portanto, efeitos na saúde, indicados por mudanças na longevidade e na sua funcionalidade, surgindo do ambiente, exige de forma imperativa, um gerenciamento ambiental através do estudo dos processos e dos materiais terrestres (Singh, 2003). A compreensão e o controle do sistema terrestre tem por finalidade a prevenção ou intervenção no sentido de deter qualquer ameaça para a saúde pública. Esta compreensão envolve a caracterização e o conhecimento pleno dos componentes e dos processos obtidos através das ciências da terra utilizadas em função do gerenciamento ambiental.

Estudos demonstram que a biosfera, atmosfera, hidrosfera e geosfera estão sendo alteradas atualmente em taxas que ultrapassam de longe os processos naturais (Singh, 2003). Tem-se como consequência, sistemas perturbados que personificam as consequências da influência humana nos sistemas naturais. Como resultado tem-se o aquecimento global originado pela crescente concentração de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis (que eliminam dióxido de carbono, CO₂) e da destruição de florestas (as matas ajudam a remover o carbono da atmosfera), as chuvas ácidas caracterizadas por

seu pH abaixo de 4,5 e causadas pelo enxofre proveniente das impurezas das queimas dos, já mencionados, combustíveis fósseis e do nitrogênio no ar que se combinam com o oxigênio para formar dióxido de enxofre – SO_2 e dióxido de nitrogênio – NO_2 que se infundem pela atmosfera e reagem com a água para formar ácido sulfúrico e ácido nítrico, o amplo transporte de matéria particulada em suspensão (fumaça, poeira) no qual destacam-se os agentes considerados mais ameaçadores à saúde (dióxido de enxofre - SO_2 , dióxido de nitrogênio – NO_2 , monóxido de carbono – CO , ozônio – O_3 e chumbo), dentre outros fatores (Organização Pan-Americana de Saúde, 2003).

Estes sistemas perturbados normalmente resultam de efeitos negativos de atividades antrópicas, como por exemplo, a emissão de gases através de exaustores, derramamentos de óleos, deposição de resíduos nas águas, super uso de pesticidas e fertilizantes químicos, deposição imprópria de resíduos, dentre outros. As fontes antropogênicas de poluentes são emissões da indústria, do transporte, da geração de energia, bem como das queimadas. Variada é a quantidade de resíduos sólidos, gerada por nossa sociedade industrializada. Tem-se como exemplo: plásticos, papel, vidro, madeira, metais e têxteis (Singh, 2003).

O crescente processo de industrialização, que vem ocorrendo desde o século XIX, somado ao desenvolvimento de novas tecnologias de produção e à grande quantidade de produtos lançados no mercado, tem causado danos à saúde humana e aos ecossistemas. Estes produtos são denominados contaminantes ambientais e constituem o principal fator de risco tecnológico abrangendo o meio ambiente em um sentido irrestrito, podendo levar a conseqüências desastrosas para a população mundial. Os riscos tecnológicos têm causado muitas transformações em nosso planeta, seja em nível local e nos

grandes centros urbanos pela contaminação por radiação, por produtos químicos, ou pela já mencionada chuva ácida, seja em nível global pela destruição da camada de ozônio e pelo efeito estufa. Desta forma, torna-se latente a necessidade de implementar políticas públicas globais visando a um meio ambiente saudável, como pressuposto de vidas saudáveis (Brilhante, 1999).

A OMS (Organização Mundial de Saúde), através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, vem discutindo a contaminação ambiental por substâncias tóxicas. Os conceitos de sustentabilidade ambiental começaram a se firmar como novo paradigma do planeta, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro em 1992. Estando como centro das discussões, o conceito de Meio Ambiente Sustentável colocou o ser humano vivendo harmonicamente em sociedade com a natureza através de uma vida saudável e produtiva (Agenda 21, 1992). A fim de não comprometer as gerações futuras, não desconsiderando as necessidades do presente, torna-se necessário também o conhecimento da atual situação dos recursos naturais no que tange, principalmente, às bacias hidrográficas que abastecem as regiões metropolitanas.

A Agenda 21 (1992) considera que os maiores problemas que afetam a qualidades das águas de rios e lagos decorrem, em variável ordem de importância, de esgotos domésticos inadequadamente tratados, de efluentes industriais não processados, da destruição das bacias de captação, da má localização de parques fabris, do desmatamento descontrolado e das deficientes práticas agrícolas. Todo este conjunto de fatores agride diretamente os ecossistemas aquáticos e comprometem as fontes de água doce.

Existe no Brasil um conjunto de leis que regulamentam a utilização e a qualidade das águas. A Resolução nº 20 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 18 de junho de 1986 (Brasil, 1986), definia a classificação das águas e considerava que a saúde e bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não deveriam ser afetados como consequência da deteriorização da qualidade das águas, definindo para cada classe o teor máximo permitido de elementos e compostos químicos e demais substâncias potencialmente prejudiciais. Esta foi revogada e recentemente substituída pela Resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005) que, por sua vez trata da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências (ANEXO I).

A Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde, de 29 de dezembro de 2000 (Brasil, 2001), que tratava da água potável em suas concentrações máximas permitidas de elementos químicos e que estabelecia os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, bem como seu padrão de potabilidade incluindo, tanto o sistema de abastecimento de água para o consumo humano, quanto às soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano (fontes, poços, distribuição por veículo, instalações condominiais), veio a ser revogada, em 2004, pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março do mesmo ano, que reeditou os mesmos valores máximos permitidos contidos nela e estabeleceu outras providências (Brasil, 2004a).

A Resolução nº 344 do CONAMA, de 25 de março de 2004 (Brasil, 2004b) trata da avaliação da situação dos sedimentos de corrente das drenagens

estabelecendo as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado, visando o gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras. Tal resolução classifica o material a ser dragado em dois níveis. O Nível 1, que estabelece que o material que apresente concentrações abaixo de seus valores oferece baixa probabilidade de efeitos adversos à biota, e o Nível 2, que estabelece que o material que apresente concentrações acima de seus valores oferece provável efeito adverso à biota (ANEXO II).

A quantificação de elementos químicos em bacias hidrográficas sujeitas a diferentes tipos de contaminação (naturais ou antrópicas) pode ser determinada através do estudo multielementar da composição química da água e dos sedimentos de corrente. Tal estudo pode auxiliar na compreensão da realidade ambiental destas bacias que são marcadas, nas regiões metropolitanas, por um complexo conjunto de atividades antrópicas. Estas atividades, segundo Paula (2000) determinam vários tipos e graus de impactos sobre o ambiente e são passíveis de comparações e experimentos.

3.2. Geologia e saúde

Cortecci (2007) afirma que a conexão entre as Ciências da Terra e a Medicina, representada pela associação entre Geologia e Saúde, pode ser sintetizada como Geomedicina. A Geomedicina pode ser definida como a ciência que se ocupa de fatores ambientais exteriores que influenciam a distribuição geográfica de problemas patológicos e nutricionais que condicionam a saúde dos homens e animais. Salienta que dentre os fatores exteriores, os climáticos influenciam fortemente a qualidade ambiental condicionando as composições mineralógicas e químicas dos solos e das águas.

Para Singh (2003), os efeitos adversos ou tóxicos do ambiente surgem da baixa qualidade do ar, da água e do solo como resultado da contaminação. Torna-se necessário, a partir de então, a investigação dos componentes, rochas, solos, águas subterrâneas e atmosfera, bem como das interações do ambiente através do estudo em vários níveis de escala, desde megascópica até microscópica, comparando-se os sistemas naturais e sistemas perturbados, desde o mais recente ao mais antigo.

As principais contaminações ambientais naturais são causadas por vulcanismo e atividades relacionadas que disponibilizam metais e outros elementos da profundidade da terra para o ambiente superficial. Nuvens de poeira vulcânica podem promover grandes danos à saúde, causando problemas que vão desde irritações respiratórias até silicose pulmonar (Selenius, 2004).

Rocha *et al* (2007) relata que o mais conhecido caso de envenenamento por via alimentar de seres humanos por Cádmio (Cd) se deu em Toyama no Japão por volta de 1947 quando, moradores dessa região do Japão, utilizando as águas do Rio Jintsu que recebia os despejos e resíduos de uma fundição de Zinco (Zn) – Chumbo (Pb) morriam apresentando os mesmos sintomas: fortes dores nas pernas e costas e com a evolução do quadro clínico, múltiplas fraturas no esqueleto, caracterizando assim a osteomalácia – mineralização inadequada da matriz óssea, e a osteoporose – definida como sendo uma excessiva, porém proporcional, redução do mineral Cálcio (Ca) e matriz óssea.

Ramirez (1986) relata outro estudo realizado na cidade de La Oroya localizada nos Andes centrais do Peru onde se encontra um centro metalúrgico cuja fundição é fonte de contaminação ambiental com Chumbo (Pb), Arsênio (As), Zinco (Zn) e Cádmio (Cd), dentre outros elementos. Apurou-se com este estudo

altas cifras de contaminação com Cádmio (Cd) a uma distância de 10 quilômetros da fundição. Este estudo, realizado com 40 trabalhadores não expostos ocupacionalmente ao Cádmio (Cd), mas que residiam em La Oroya, revelou que a concentração média para tal elemento estava consideravelmente alta (aproximadamente 4µg/L de urina), sendo superior às concentrações encontradas em outros países (Estados Unidos: 1,59µg/L e Japão: 1,07µg/l). Contudo, o estudo não demonstrou toxicidade renal, alteração da função pulmonar ou sinais de osteomalácia nos indivíduos avaliados. Destacou, por fim, a necessidade de se realizar estudos epidemiológicos de maior amplitude entre os moradores de La Oroya, assim como investigações sobre as terras de cultivo e sobre os produtos agrícolas daquela zona.

Okada (1997) realizou na região do Vale do Paraíba, em São Paulo, Brasil, um estudo que teve por objetivo avaliar o grau de contaminação do leite produzido naquela região, devido à possível ingestão, pelo gado, de gramíneas e águas contaminadas. Tal contaminação seria decorrente da existência de uma indústria produtora de lingotes de chumbo, através da reciclagem de resíduos industriais e de baterias, localizada em Caçapava-SP. Foram determinados os teores de Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd) no leite. Apurou-se que, apesar da contaminação ambiental, os níveis encontrados para Cádmio (Cd) estavam abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de 1,0 mg/kg. Contudo, os valores encontrados para o Chumbo (Pb) em 20% das amostras analisadas, apresentaram teores do metal acima do limite estabelecido pela legislação brasileira que é de 0,05 mg/kg. Para estabelecer suas comparações o autor fez uso da Portaria nº 16 de 13 de março de 1990 do Ministério da Saúde. Lembrou que os efeitos tóxicos do Chumbo (Pb) poderiam surgir ao longo do

tempo se medidas corretivas emergenciais não fossem tomadas nos processos produtivos das indústrias da região a fim de que se evitassem novos impactos à saúde coletiva. Ressaltou a importância da ampliação de programas de monitoramento da qualidade do leite lá produzido quanto à contaminação por Chumbo (Pb).

Acuña (2006) relata em seu estudo, que avaliou os níveis de Chumbo (Pb) no entorno da comunidade de San Ignacio em Zacatecas no México, por ocorrência das atividades desenvolvidas por uma recicladora de metais, que os níveis desse metal nos terrenos circunvizinhos a ela estavam acima dos aceitáveis pela Norma Mexicana. Os alimentos, por sua vez, lá produzidos tornaram-se uma fonte de contaminação. O consumo dos produtos lácteos e a carne dos animais também passaram a representar uma potencial fonte de contaminação por Chumbo (Pb).

Lembrou que a ingestão ou inalação deste metal pode ocasionar danos irreversíveis ao sistema nervoso central, bem como o atraso no crescimento e ainda afetar o sistema hepático e endócrino. Mediu neste estudo a concentração de Chumbo (Pb) no sangue de crianças, mulheres grávidas e também mulheres em período de amamentação. Apurou que todas as adultas analisadas tinham valores de Chumbo (Pb) no sangue inferiores a 10 µg/dl e, que a grande maioria das crianças analisadas (90%) também apresentaram cifras inferiores à supra citada. Apenas uma pequena minoria (10%) exibiu concentrações superiores a 10 µg/dl que se deviam a diferenças nas características metabólicas, nas atividades físicas e nos hábitos higiênicos entre eles. Tal concentração é tida como valor limite pela Norma Oficial Mexicana (NOM). Contudo, pontua que mesmo com estas baixas concentrações, a exposição infantil a este metal se mantém como

um problema de saúde pública na qual se fazia necessário o desenvolvimento de novos trabalhos de investigação que conduzissem à identificação das zonas de alto risco e à determinação das concentrações de Chumbo (Pb) no sangue da população mais vulnerável.

Os exemplos relatados representam fortes relações entre o ambiente e as comunidades existentes à sua volta. Comprova-se a estreita ligação entre a alimentação e a terra em que viviam. Contudo, na medida em que se aumenta o consumo de alimentos processados e de diferentes localidades, esta ligação se torna mais tênue.

Para Licht (2001), as migrações populacionais também contribuem para atenuar esta ligação. Os problemas de enfermidades se apresentam mesmo entre as populações com ligações mais tênues nas quais o fator determinante ou condicionante são elementos e compostos químicos presentes no ambiente que provocam o rompimento do equilíbrio ou homeostasia dos organismos.

3.3. Hidrogeoquímica

Considerando que a poluição da água, de forma geral, tornou-se relevante preocupação pública e científica em se tratando das evidências de sua toxicidade aos sistemas biológicos e à saúde humana. A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos nas várias regiões do mundo, ao lado das crescentes e incompatíveis atividades exploratórias, exigem o planejamento e o manejo integrado desses recursos. Para tanto, vários estudos, em nível mundial, têm sido desenvolvidos objetivando o entendimento dos ambientes hidrogeoquímicos e sua relação com a saúde humana.

Magalhães (1995) pontua que, o adensamento da concentração das populações de baixo poder aquisitivo nas periferias carentes de serviços essenciais de saneamento contribuiu para a geração dos altos níveis de poluição com diversos problemas de drenagem, agravados pela inadequada deposição do lixo, assoreamento dos corpos d'água e consecutiva diminuição das velocidades de escoamento das águas.

Mason (1980) já estimava que as águas residuais urbanas continham consideráveis quantidades de matéria em suspensão, metais pesados e, dada a sazonalidade, cloro procedente da dispersão de sais nas ruas. Para ele, a quantidade das águas residuais era, conseqüentemente, muito variável, que em certas ocasiões registravam altos índices de demanda biológica de oxigênio.

Rodrigues (1998), neste mesmo ano, afirmou que os metais são naturalmente incorporados aos sistemas aquáticos por meio de processos geoquímicos, mas que nas últimas décadas haviam sido verificadas inúmeras alterações ambientais provenientes dos processos de urbanização e industrialização.

As diversas descargas industriais, segundo Winter (2007), contêm um determinado número de substâncias que são capazes de reduzir a sobrevivência de um organismo danificando o genoma de células somáticas e germinativas.

Os fatores de degradação dos recursos hídricos e os efeitos sobre a saúde humana foram estudados por Moraes & Jordão (2002), que realizaram uma exposição sobre as várias atividades antrópicas que contribuíam para tal degradação. Estes, por suas vezes, concluíram que a escassez dos recursos hídricos era uma resposta ao descontrole social que produzia efeitos negativos sobre a saúde humana mediante a degradação ambiental.

Lee *et al.* (2003) verificaram, através da presença de metais nos sedimentos de fundo e no sedimento em suspensão, a qualidade da água do Rio Anyang. Obtiveram resultados que revelaram que as concentrações encontradas de elementos traço na água do rio permaneciam abaixo da média mundial, com exceção dos elementos As, Mn, Ni e Cr. Apuraram também que mais de 99% dos metais traço associavam-se ao sedimento de fundo e que as concentrações destes sofreram influência da distribuição do tamanho da partícula e do conteúdo de matéria orgânica. Concluíram que os elementos traço acumulados no sedimento poderiam afetar a qualidade da água do rio.

Lord & Morgan (2003) realizaram na Inglaterra um estudo que visava a determinação da extensão da contaminação dos sedimentos. A área analisada era utilizada para práticas agrícolas e a água retirada do local contaminado era utilizada para irrigar as plantações, configurando assim uma situação de risco para população local que se abastecia da produção. A contaminação ali detectada era proveniente de atividades anteriores realizadas na área de estudo. Foram coletadas amostras intervalares de 1 km e os sedimentos foram analisados de forma multielementar. Compararam os resultados com dados anteriores de pesquisa geoquímica que revelaram a persistência da contaminação dos sedimentos.

Um outro estudo sobre a qualidade dos sedimentos foi realizado no Brasil, e mais especificamente na Baía da Ribeira no Rio de Janeiro, que foi avaliada através da distribuição de metais em áreas preservadas e em áreas sob impacto na baía. Para realizar comparações entre as mesmas, optaram por esse tipo de análise. Para a classificação dos metais, Cardoso *et al.* (2001) utilizaram o Alumínio (Al) como referência, classificando-os como: associados ao Alumínio,

intermediários, inversamente associados e não associados. Constataram que os fatores climáticos e hidrogeológicos foram extremamente importantes na distribuição dos metais e concluíram que a área estudada apresentava níveis naturais de metais comparáveis a folhetos médios e a outras áreas não impactadas.

Na China, em um estudo realizado por Cheung *et al.* (2003) no Delta do Rio Pearl, foram encontrados altos níveis de Níquel (Ni) e Zinco (Zn) na água em determinados pontos do rio. Foi sugerida a ocorrência de algum ponto de contaminação mediante as concentrações desses elementos. Os autores depararam-se, durante o desenvolvimento da pesquisa, com a falta de dados que se relacionassem com a origem e distribuição de poluentes persistentes em sedimentos de rios e almejavam que a comparação dos níveis de poluentes em diversos rios pudesse identificar fontes de poluição que entravam na área estudada. Constataram, através dos dados preliminares, que o rio e os sedimentos transportavam poluentes que constituíam um dos fatores para a degradação da qualidade da água. Tais dados foram importantes para o delineamento e controle de políticas de conservação do Delta do Rio Pearl.

Bisinoti *et al.* (2004) avaliaram a influência da urbanização e industrialização nas modificações ambientais do recurso hídrico através da determinação da concentração de vários metais pesados em quatro ribeirões da bacia hidrográfica da cidade de Londrina-PR, no período de fevereiro de 1997 a fevereiro de 1998. Os autores conseguiram demonstrar a influência da urbanização e da industrialização no recurso hídrico de forma correspondente à ocupação.

Em Goiás, Araújo *et al* (2004) realizou um trabalho de levantamento de dados de hidrogeoquímica nos rios do entorno de Goiânia-GO objetivando verificar os parâmetros físico-químicos das águas, a composição multielementar dos sedimentos de corrente, e localizar possíveis fontes de contaminação antrópica ou natural. Foram escolhidos como pontos de coleta o Rio Meia Ponte, e os ribeirões Santo Antônio e João Leite. O resultado do trabalho revelou valores anômalos dos elementos Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Cromo (Cr) e Zinco (Zn), o que proporcionou certa preocupação dado o fato que o terceiro dos pontos de coleta era e ainda é um dos principais fornecedores de água para abastecimento da cidade de Goiânia-GO.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Localização

Morrinhos é um município brasileiro que está localizado na região sul do estado de Goiás. Sua população estimada em 2007, é de 38.991 habitantes, segundo dados oficiais da Contagem da População realizada em 2007 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O nome Morrinhos deriva da identificação usada para definir o local onde estão localizados três acidentes geográficos existentes na região: Morro do Ovo, Morro da Cruz e Morro da Saudade. A distância de Morrinhos até Goiânia (capital do estado de Goiás) é de 124 quilômetros, 336 km de Brasília e 56 km de Caldas Novas.

O município de Morrinhos, segundo a nova Divisão Territorial do Brasil em regiões geográficas, é uma unidade administrativa que pertence a Microrregião 015 – Meia Ponte. A microrregião Meia Ponte é integrante da mesorregião 05 – Sul Goiano, localizado a sudeste da capital do Estado de Goiás entre as coordenadas de 17°30'20" a 18°05'40" latitude sul e 48°41'08" a 49°27'34" de longitude oeste. Está interligado por via asfáltica a quase todos os municípios de seu entorno. A cidade está situada a uma altitude de 735 metros acima do mar, sendo que no município a maior altitude não ultrapassa a 850 metros. Segundo dados do IBGE (2007) Morrinhos ocupa uma área de 2.846,156 km². Em mais de 50% da área do município apresenta potencial para o uso com lavouras (agricultura), predominado associações de terras favoráveis ao uso com lavouras e pastagens plantadas.

4.2. Clima

Localizado a 735 metros de altitude, a cidade de Morrinhos possui clima ameno e saudável (tropical úmido) com uma temperatura média das máximas de 33°C, das mínimas 26°C e compensada a 29°C.

4.3. Aspectos geomorfológicos e geológicos

O município de Morrinhos, situado entre os rios Piracanjuba e Meia Ponte, do ponto de vista geomorfológico, faz parte do Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná e a Faixa de Dobramentos Brasília, cujos principais aspectos da morfologia estão representados pelas chapadas. A situação geográfica dessa área, localizada no setor periférico da bacia sedimentar (borda da bacia), determinou suas características estruturais, vinculadas tanto ao embasamento Pré-Cambriano como à história geológico-evolutiva.

A geomorfologia é caracterizada por um relevo irregular e intensamente dissecado, cortado por vales relativamente profundos. Está preservado através de uma série de cristas alinhadas que acompanham muitas vezes, a xistosidade das rochas.

A geologia (Figura 1) está representada por três grupos geológicos principais (CPRM, 2008, no prelo). A litologia mais antiga está representada pelo NP1γ.2gn (Ortognaisses do oeste de Goiás). É um conjunto migmatítico que envolve rochas metamórficas – migmatíticas abrangendo metatexitos e diatexitos. A migmatização atingiu as rochas do Grupo Araxá e também as do Complexo Basal (CPRM, 2008, no prelo). Os granitóides sintectônicos são cálcicos a cálcio-alcalinos, reunidos sob a denominação de Ortognaisses Oeste de Goiás e

representados por protólitos tonalíticos a granodioríticos intensamente deformados das regiões de Arenópolis, Iporá, Matrinchã, Sanclerlândia, Turvânia, Firminópolis e Mara Rosa, bem como granitos cálcio-alcálicos com diversos graus de deformação. Estas unidades alojam tectonicamente pequenos fragmentos alóctones arqueanos/paleoproterozóicos como o Gnaisse Ribeirão.

Em seguida tem-se a Unidade B do Grupo Araxá (NPab). O Grupo Araxá engloba rochas metamórficas de grau médio, localmente cataclásticas, representadas por granadas-biotita, xistos, quartzos xistos, intrusões básico-ultrabásicas e uma seqüência rítmica carbonática constituída por metaritmicos, quartzitos, anfíbolitos e mármore, as rochas atribuídas ao Grupo Araxá, exibem um contato gradacional, por vezes tectônicos como o Conjunto Migmático, representados por falhas de empurrão ou inversa. Com as intrusivas ácidas, o contato é brusco, não raro evidenciado por falhamentos.

E, de forma mais ampla, tem-se a Cobertura Detrito-laterítica Ferruginosa (NQdl). Esta cobertura engloba todo o perímetro urbano de Morrinhos - GO e ao longo do Córrego Pipoca. Esta unidade tem ampla distribuição no estado e atapeta superfícies de aplainamento desenvolvidas sobre rochas de todas as unidades litoestratigráficas e, atualmente, está sob efeito de dissecação marginal por erosão. Estes sedimentos são formações superficiais que se desenvolveram em zonas de interflúvios. Compreendem sedimentos aluviais ou coluviais constituídos por conglomerados oligomíticos com seixos de quartzito e lateritos autóctones com carapaças ferruginosas. As crostas, quando possuem perfis completos, podem alcançar mais de 30 m de espessura, embora, nem sempre apresentam nítida diferenciação em horizontes. Perfis mais desenvolvidos possuem os seguintes horizontes:

- Horizonte superficial: apresenta espessura inferior a 1 m e é constituído por material arenoargiloso, amarelado, desestruturado e que é suprimido à medida que o declive é mais acentuado.
- Horizonte concrecional: consiste de crosta composta de concreções ferruginosas em blocos, matacões e lajedos, cimentados por óxido de ferro e alumínio. Os minerais predominantes são hematita terrosa, goetita e gibsita. Tem de 2 a 4 m de espessura.
- Horizonte argiloso: de característica saprolítica e avermelhado, pode alcançar até 15 m de espessura.
- Horizonte pálido: de cores claras, situa-se na interface rocha/saprolito, não tem forma própria e sua espessura varia entre 2 a 3 m. A heterogeneidade no tamanho, forma e composição desses depósitos indicam origem colúvioaluvial por pedimentação (Superfícies aplainadas por um sistema de erosão devido a um clima árido quente ou semi-árido).

A relevância econômica das coberturas lateríticas reside na sua associação genética com depósitos supergênicos de manganês, níquel, bauxita, fosfato e ouro detrítico, conhecidos nos municípios de São João D'aliança, Niquelândia, Barro Alto, Catalão e Fazenda Nova, respectivamente (CPRM, 2008, no prelo).

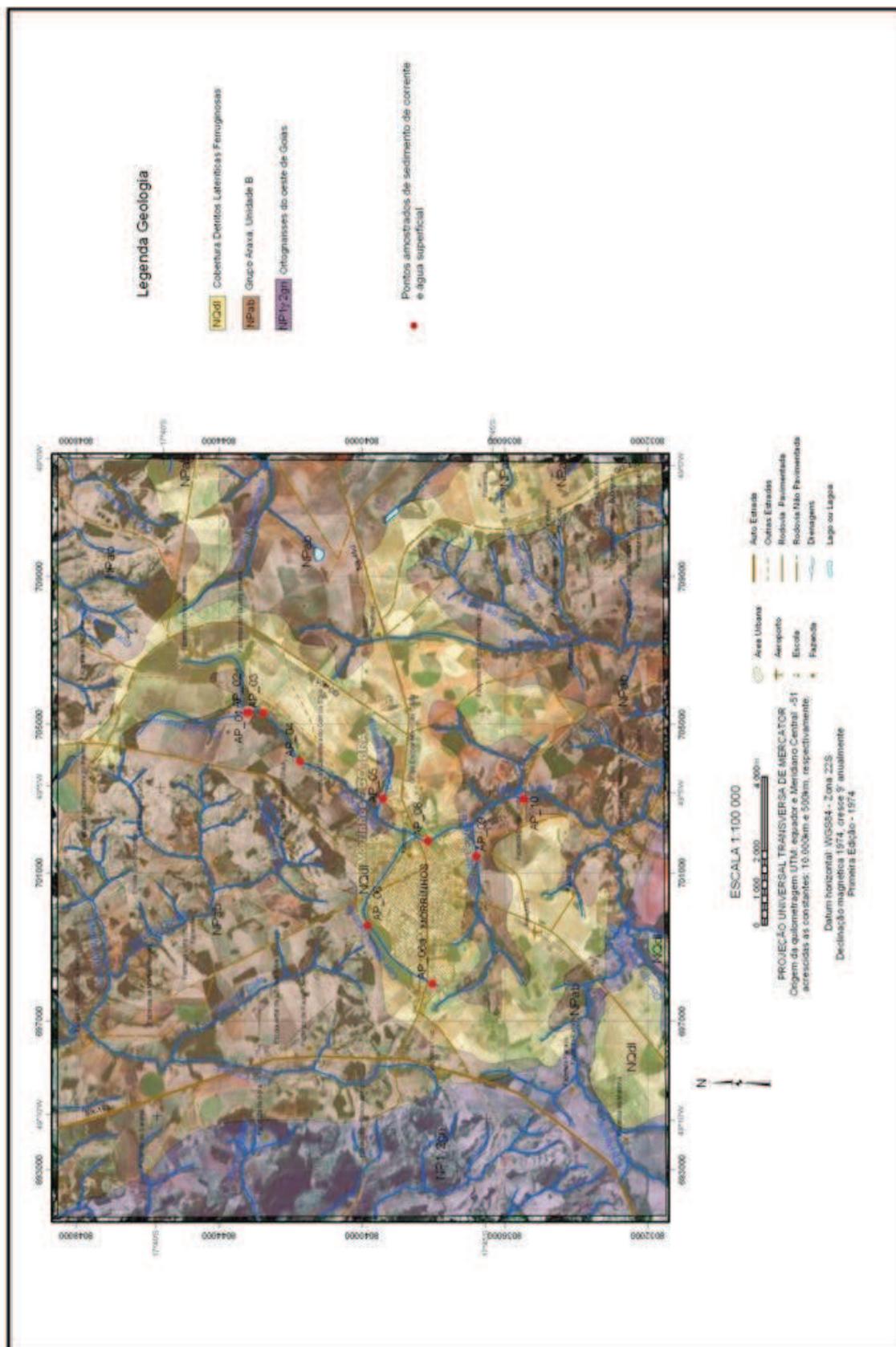


Figura 1. Mapa geológico representativo da área em estudo.

Fonte: CPRM, 2008, no prelo.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Planejamento preliminar

5.1.1. Parâmetros para definição da área de estudo

Para a definição da área de estudo, foram identificadas as principais causas dos problemas sócio-ambientais. Verificou-se também as alterações da fisionomia da paisagem, da qualidade da água e da estrutura do solo. Para tanto, com o uso de GPS (*Global Position System*), determinou-se as coordenadas geográficas (latitude, longitude) dos pontos de amostragem e a toponímia.

A amostragem de sedimentos de corrente e água nos córregos (Figura 2) foi de 01 amostra/km linear, plotadas em base planimétrica do IBGE na escala 1:100.000, correspondente à Folha Morrinhos (SE-22-X-D-IV).

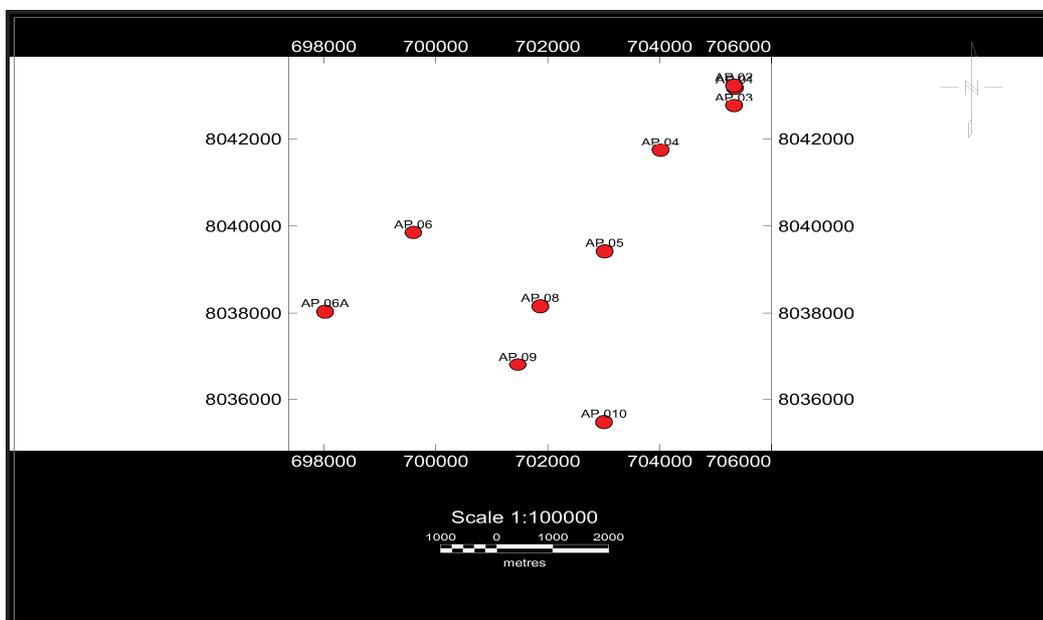


Figura 2. Mapa de amostragem de água superficial e sedimentos de corrente.

A quantidade de amostras foi definida para abranger a região no entorno da cidade de Morrinhos-GO. Na seleção das estações de amostragens levou-se em consideração analisar drenagens supostamente contaminadas em locais com intensa atividade urbana bem como drenagens menos poluídas, para verificar os contrastes entre os elementos estudados (Cardoso *et al.*, 2001). A coleta foi efetivada em época de estiagem na região centro-oeste objetivando se evitar a diluição dos elementos nas amostras.

5.1.2. Sistemática de numeração das amostras

Neste trabalho, que abrange o município de Morrinhos-GO e o seu entorno, foram analisadas 10 amostras nos córregos e ribeirões (água e sedimento), 11 amostras de lago (somente água) (Figura 3).

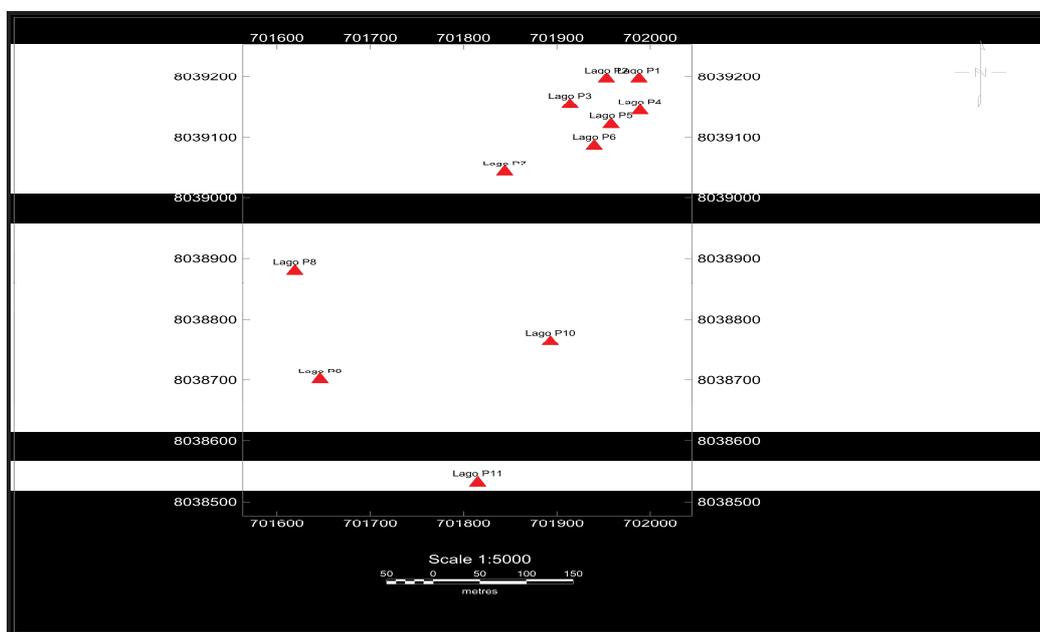


Figura 3. Mapa de amostragem de água do lago.

Foram coletadas também cinco amostras em residências (somente água). Nas amostras CASA 01, CASA 02, CASA 04 e CASA 05, as águas analisadas

foram coletadas na torneira instalada nas cozinhas de cada uma destas residências. Na amostra CASA 03, por exceção, a água analisada foi coletada no poço (ou cisterna) que abastecia esta residência, e que se localizava no quintal da mesma. (Figura 4).

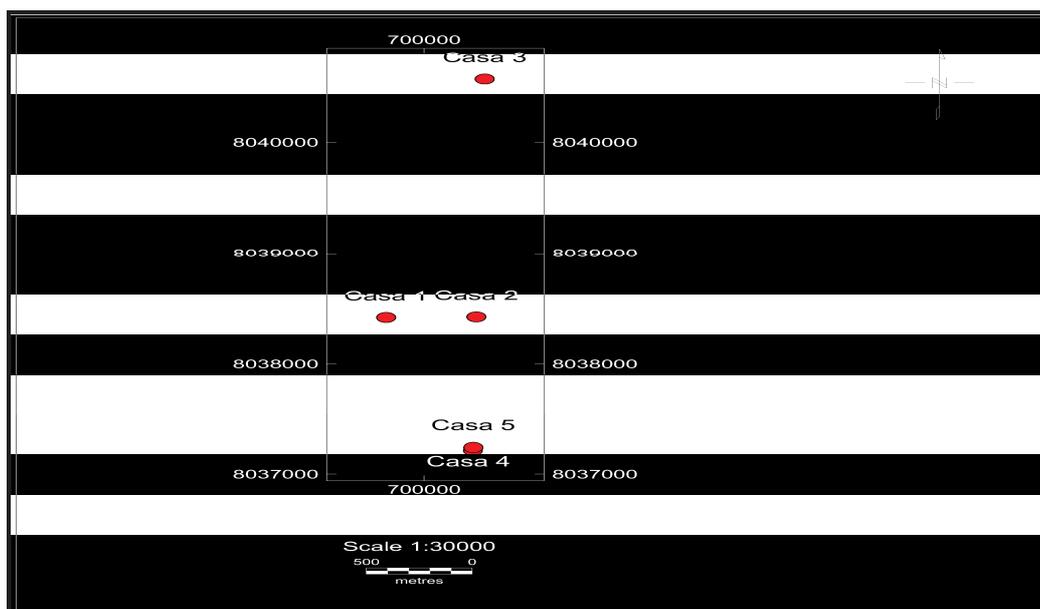


Figura 4. Mapa de amostragem de água das casas.

E por fim, duas amostras na ETA (Estação de Tratamento de Água) da SANEAGO (somente água), sendo uma amostra no reservatório de água bruta captada (SANEAGO 01) e outra no reservatório de água já tratada (SANEAGO 02), totalizando assim 28 pontos analisados.

Dez estações de amostragem receberam uma numeração constituída da sigla do nome do responsável pelo projeto (AP), seguida do número da amostra correspondente a cada drenagem, que havia sido pré-determinada no planejamento. As amostras de água e sedimento de corrente de cada estação

foram acrescentadas das letras A ou S para água e sedimento respectivamente, inseridas após a sigla do amostrador seguidas pelo número da estação.

Onze outras estações de amostragem receberam a nomenclatura de *LAGO* seguida de seu respectivo número de ordem correspondente. Um terceiro grupo de amostras foi denominado de *CASA*, vindo a receber sua numeração de ordem correspondente.

O mapa de amostragem da área de estudo (Figura 5) foi elaborado em escala 1:100.000, conveniente para o adensamento proposto, contendo a distribuição e numeração das estações de amostragem, drenagens, limites municipais e estradas.



Figura 5. Mapa de localização da área de estudo.

Para o presente trabalho foram selecionados o Córrego Pipoca, Córrego Paulinho, Córrego Galinha e Córrego Cordeiro, e ainda o Ribeirão da Areia, que abastecem como um todo o município. Tais córregos e ribeirões são captados e a utilização de suas águas está diretamente relacionada com a irrigação de hortas, pomares e também, mediante tratamento, usadas para o consumo da população. Foram selecionadas também residências e a estação de tratamento da SANEAGO.

Os pontos de amostragem são apresentados na Tabela 1, que relaciona o nome das drenagens, o número da amostra no estudo e as coordenadas geográficas.

Tabela 2. Toponímia e localização dos 28 pontos amostrados no entorno e na cidade de Morrinhos - GO.

Local	Amostras	UTM Longitude	UTM Latitude
Córr.Pipoca c/ Córr.Paulinho	AP-01	705340	8043175
Córrego Paulinho	AP-02	705325	8043226
Córrego Pipoca	AP-03	705325	8042763
Córrego Pipoca	AP-04	704012	8041739
Córrego Galinha	AP-05	703014	8039413
Córrego Maria Lucinda	AP-06	699597	8039848
Córrego Maria Lucinda	AP-06a	698021	8038035
Ribeirão da Areia	AP-08	701864	8038157
Córrego Cordeiro	AP-09	701463	8036801
Ribeirão da Areia	AP-10	703002	8035467
Ponto 01	LAGO P01	701988	8039196
Ponto 02	LAGO P02	701953	8039196
Ponto 03	LAGO P03	701914	8039154
Ponto 04	LAGO P04	701989	8039144
Ponto 05	LAGO P05	701958	8039122
Ponto 06	LAGO P06	701940	8039086
Ponto 07	LAGO P07	701844	8039043
Ponto 08	LAGO P08	701619	8038880
Ponto 09	LAGO P09	701646	8038701
Ponto 10	LAGO P10	701893	8038764
Ponto 11	LAGO P11	701815	8038533
Casa 01	CASA 01	699820	8038420
Casa 02	CASA 02	700247	8038425
Casa 03	CASA 03	700287	8040577

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Casa 04	CASA 04	700231	8037223
Casa 05	CASA 05	700233	8037248
ETA	SANEAGO 01	699966	8038376
ETA	SANEAGO 02	699991	8038475

As drenagens, os pontos no lago, as casas amostradas, suas denominações e localização na área urbana e entorno da cidade de Morrinhos-GO estão representadas em mapas de amostragem, os quais serão inseridos oportunamente no decorrer do trabalho. A área total abrangida pelos pontos de amostragem deu origem a quatro mapas base nos quais foram plotados os pontos de coleta e a partir do qual foram confeccionados os mapas de distribuição dos elementos químicos.

5.1.3. Implantação da logística



Figura 6. Equipe de coleta.

A equipe de coleta foi composta pelo orientador do projeto, pelo co-orientador, um estagiário e pelo mestrando que, durante estas coletas, esteve

acompanhada pelo Presidente da Câmara dos Vereadores e pelo Sacerdote Católico do município. (Figura 6)

Foram selecionados equipamentos para a tomada das coordenadas das estações de coleta – GPS, para as determinações físico-químicas em campo (pHâmetro Hach para medida de pH e temperatura, condutivímetro Hach para medida de condutividade e sólidos dissolvidos, turbidímetro Hach para medida de turbidez e oxímetro Hach para medida de oxigênio dissolvido), e kits para coleta de amostras de água e sedimento de corrente (Figura 7).



Figura 7. Kit completo para amostragem de água e sedimento de corrente.

5.2. Atividades de campo

As atividades de campo seguiram as orientações do Manual Técnico do PGAGEM (Programa de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica) - Brasil (CPRM, 2003). Os pontos de amostragem foram localizados através das coordenadas obtidas com GPS. As amostras foram obtidas na calhas dos córregos e ribeirões, coletando-se preferencialmente os sedimentos ativos. No local, após a coleta de água e sedimento, procedeu-se o preenchimento da Ficha de Campo de Amostra Geoquímica () que é a utilizada pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais - CPRM – Serviço Geológico do Brasil em seus levantamentos de campo. Esta ficha contém, entre outros dados, parâmetros de localização (coordenadas geográficas), parâmetros descritivos do local de coleta (nome da drenagem, relevo, geologia, condições da água como cor, profundidade, movimentação superficial), bem como, local para registro dos resultados das análises físico-químicas (ANEXO III).

5.3. Coleta de água e sedimento de corrente

Os coletadores utilizaram luvas cirúrgicas durante as coletas. A água foi coletada nas drenagens com auxílio de proveta de vidro e transferida a frascos de vidro com capacidade de 100 ml. Nos frascos destinados à análise de cátions, foram adicionados 1ml de ácido nítrico p.a. (HNO_3 , pH <2) para evitar contaminação bacteriana. Os frascos foram devidamente etiquetados com os números das amostras, bem como com o tipo de análise a que se destinavam (cátions, ânions) e acondicionados em caixas térmicas, para evitar a exposição a altas temperaturas e à radiação solar. Após as coletas, ainda no município (Figura 8), foram medidos os parâmetros físico-químicos (temperatura, turbidez, sólidos

dissolvidos, pH, condutividade e oxigênio dissolvido). Os aparelhos utilizados para estas medições foram previamente calibrados antes de cada dosagem. As amostras foram então, encaminhadas ao Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB (Universidade Católica de Brasília), para as devidas análises.

As amostras de sedimento de corrente foram obtidas no canal ativo da drenagem, em trechos retilíneos abaixo do nível da água e foram acondicionadas em sacos plásticos com capacidade para 500 gr. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para a preparação e análise no Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB.



Figura 8. Medição dos parâmetros físico-químicos das amostras de água coletada.

5.4. Atividades de Campo e Laboratoriais

As atividades de campo e laboratoriais, para as análises químicas da água (Figura 9), obedecem à seqüência abaixo representada.

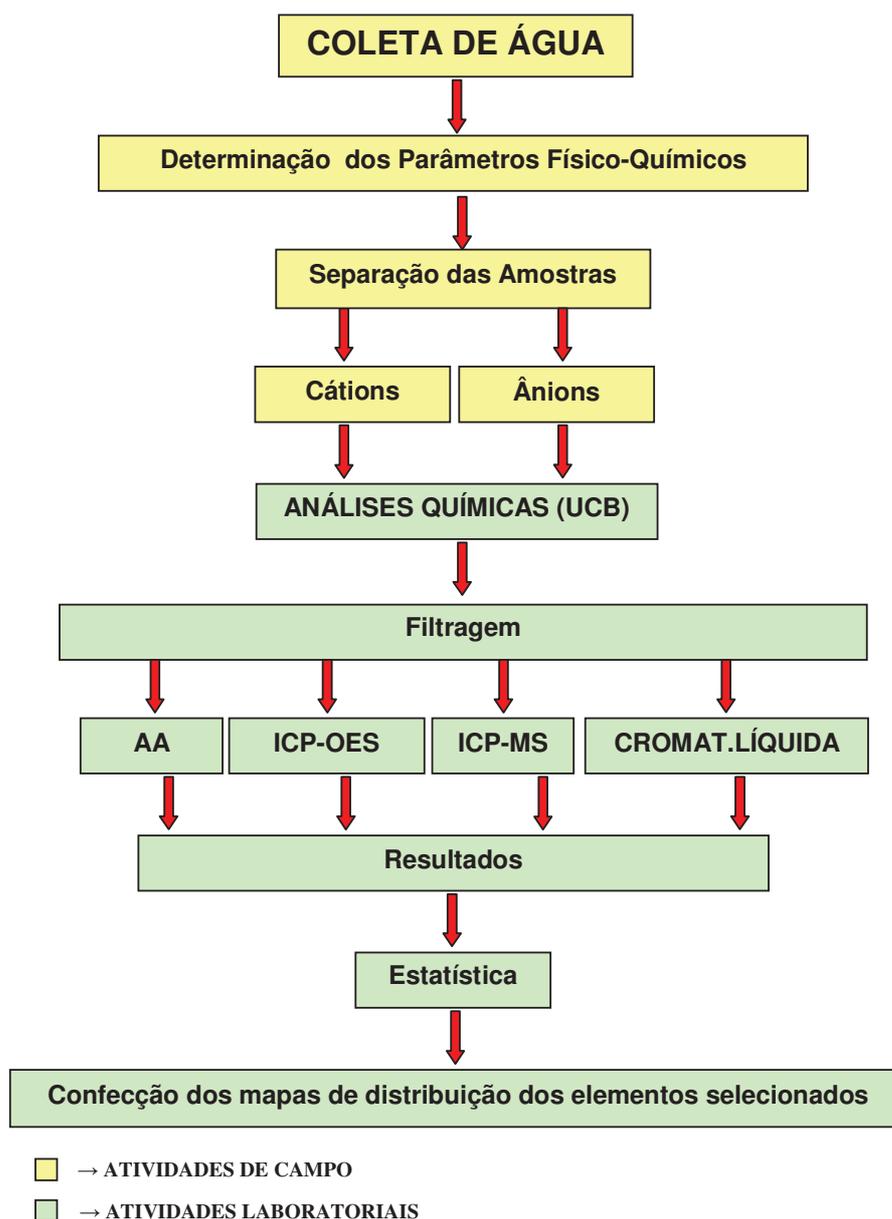


Figura 9. Atividades de campo e laboratoriais para as análises de água.

As atividades de campo e laboratoriais, para as análises químicas dos sedimentos de corrente (Figura 10) obedecem à seqüência abaixo representada.

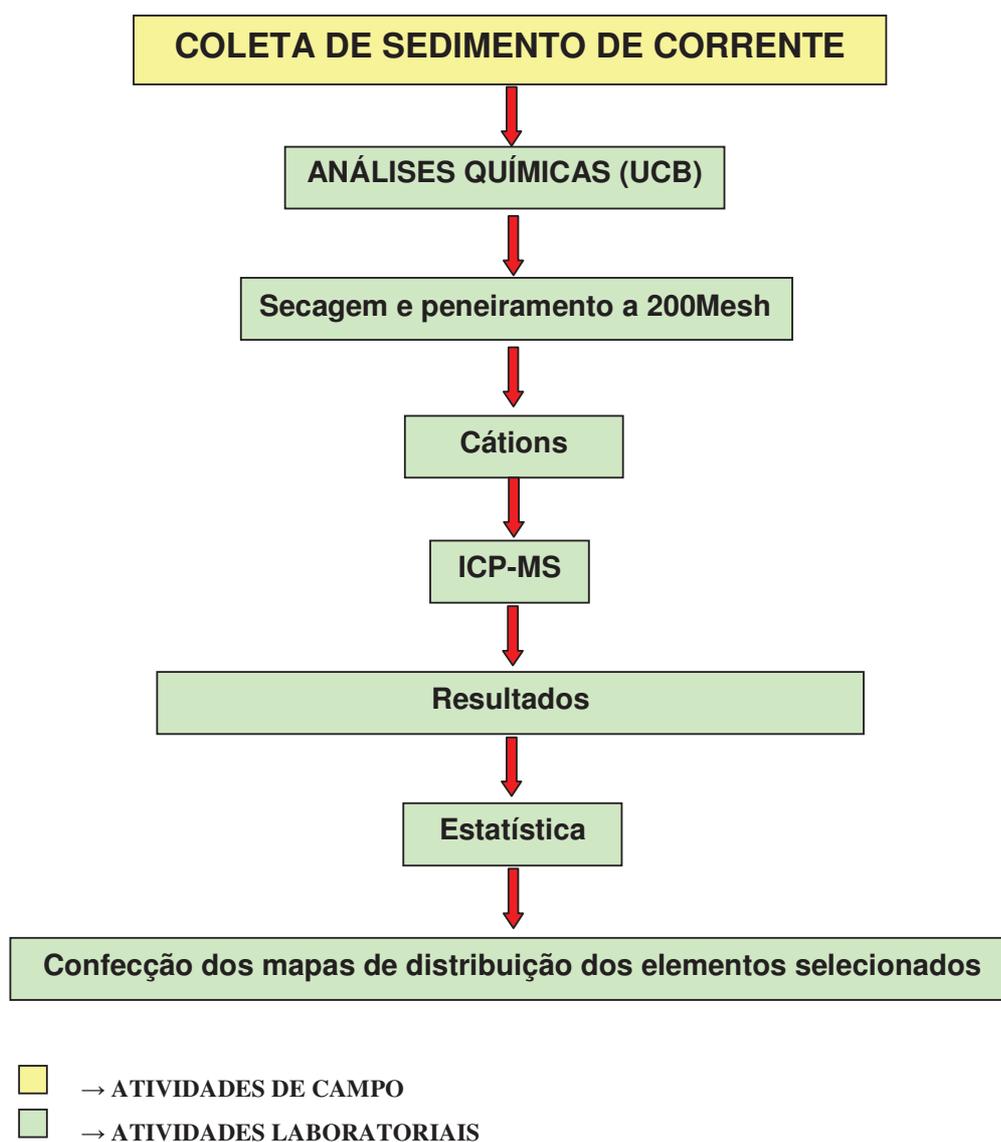


Figura 10. Atividades de campo e laboratoriais para as análises de sedimento de corrente.

5.5. Água

No Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB as amostras de água foram filtradas em papel Micropore 0,45µm e os filtrados mantidos a temperatura de 4°C ao abrigo de luz por 36 horas, quando foram realizadas as análises químicas de forma multielementar por ICP-OES, ICP-MS, AA, Cromatografia Líquida para os elementos Bi, Ta, B, Au, Ga, La, Pd, Y, Zr, Al, Fe, Mg, Zn, Ca, Na, Nb, Si, W, V, Cr, Mn, As, Ag, Cd, Sb, Te, Co, Ni, Sr, Mo, Pb, Ti, Ta, Li, Be, Sc, Sn, Cu, Se, Ba, Hg. Obtidos os resultados, foram realizados os estudos estatísticos e a consecutiva confecção dos mapas de distribuição dos elementos selecionados.

5.6. Sedimento de corrente

No Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB foi realizada a preparação e a análise dos sedimentos de corrente. As amostras foram secas à temperatura ambiente, desagregadas em almofariz de porcelana e pistilo de borracha e peneiradas em malha 200 Mesh de náilon. Em todos os passos de preparação dos sedimentos foram adotados procedimentos para proteger as amostras e para eliminar possibilidades de contaminação. Após a preparação, os sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados com o número da amostra, e mantidos em local fresco e seco até o momento de realização da digestão para a dosagem.

5.6.1. Procedimento de digestão de sedimento de corrente

A digestão (também chamada de ataque ou extração), visa liberar os elementos químicos da amostra permitindo sua quantificação. A seleção do ataque ou técnica de extração depende da forma de ocorrência ou especiação dos elementos químicos na amostra sob análise. Esta digestão das amostras dos sedimentos foi feita por via úmida em sistema aberto, utilizando a abertura por água régia.

Os procedimentos foram realizados em triplicata para cada amostra. Foi pesado 1.0 g de sedimento em tubo digestor. Os pesos exatos de cada amostra foram anotados considerando até 4 casas decimais. Adicionou-se a cada tubo, 20 ml de água régia (HCl : HNO₃, 3:1 v/v, 15 ml de HCl e 5,0 ml de HNO₃). Os tubos foram aquecidos em bloco digestor até 50°C e então a temperatura foi gradativamente aumentada 30°C a cada 10 minutos até atingir a temperatura de aproximadamente 150°C. A digestão foi mantida por duas horas. Procedeu-se a digestão até que não ocorresse mais liberação de gases escuros, e até que as amostras dos sedimentos tornaram-se claras. Após a digestão e o resfriamento, o sobrenadante foi separado por decantação e transferido a um balão volumétrico de 50 ml. O precipitado foi lavado 2 vezes com água milli-Q e o sobrenadante acrescentado ao balão volumétrico. Após este procedimento, o volume do balão foi completado para 50 ml com água milli-Q. As amostras assim preparadas foram dosadas no Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB em ICP-MS para todos os elementos. Quando a solução apresentou-se muito concentrada, utilizou-se água milli-Q para realizar as diluições necessárias. Após as dosagens foi realizado o cálculo das concentrações de cada amostra, para a determinação

dos elementos químicos na amostra original, utilizando-se a média dos pesos, média dos brancos e média das dosagens triplicadas. A concentração foi expressa em mg/kg de sedimento, ou ppm (parte por milhão). Para recuperação de dados, alíquotas de amostras de sedimento de corrente preparadas e não utilizadas foram armazenadas no Laboratório de Espectroscopia Atômica Aplicada da UCB.

5.7. Tratamentos dos dados e resultados obtidos

O tratamento estatístico e as matrizes de correlação das amostras foram realizados com o *software* OASIS-Montaj – versão 6.1 da GEOSOFT. A primeira determinação realizada foi a obtenção individual dos parâmetros estatísticos de cada elemento químico (média aritmética, desvio padrão e valores anômalos de 1ª, 2ª e 3ª ordens) e a construção das matrizes de correlação destes elementos. A partir destas determinações, foram definidas as associações geoquímicas (afinidades entre os elementos) que constituíram a base para a confecção dos mapas de distribuição dos elementos químicos. Para a confecção dos mapas de distribuição dos elementos químicos, foi utilizado o *software Mapping and Processing System* (MPS), também da empresa canadense Geosoft. Estes mapas são apresentados em forma de figuras de acordo com as associações estabelecidas através das matrizes de correlação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Resultados integrados das análises físico-químicas das águas

Os resultados dos padrões físico-químicos das águas superficiais, do lago, das residências e da ETA foram integrados para uma melhor visualização (Tabela 2).

Tabela 3. Resultados integrados dos padrões físico-químicos das amostras de água.

Amostras	Ponto de coleta	O ₂ Dissolvido (mg/L)	pH (un)	Condutividade (Mho/cm)	Turbidez (UNT)
AP-01	Córr. Pipoca c/ Córr.Paulinho	7,1	5,9	8,0	3,0
AP-02	Córrego Paulinho	7,4	5,9	8,6	11,7
AP-03	Córrego Pipoca	7,7	6,1	9,3	11,9
AP-04	Córrego Pipoca	7,2	5,9	9,0	13,0
AP-05	Córrego Galinha	5,4	6,0	14,0	5,8
AP-06	Córrego Maria Lucinda	6,7	5,9	31,2	12,3
AP-06a	Córrego Maria Lucinda	4,3	5,8	23,4	4,7
AP-08	Ribeirão da Areia	7,0	6,1	28,9	28,0
AP-09	Córrego Cordeiro	5,4	6,3	38,1	11,3
AP-10	Ribeirão da Areia	6,1	6,7	154,1	23,8
PONTO 01	Águas do lago	5,4	7,4	17,5	16,4
PONTO 02		6,0	6,3	28,5	51,2
PONTO 03		4,8	6,2	28,4	28,1
PONTO 04		5,0	6,4	15,7	14,3
PONTO 05		6,0	6,4	25,7	19,2
PONTO 06		5,0	6,5	27,9	21,1
PONTO 07		5,3	6,5	37,8	29,7
PONTO 08		5,0	6,6	57,0	29,1
PONTO 09		5,0	6,8	34,1	27,3
PONTO 10		5,1	6,8	30,1	22,6
PONTO 11		5,0	6,7	31,4	20,9
SANEAGO 01	5,8	6,9	33,9	0,5	
SANEAGO 02	5,4	7,7	18,1	17,2	
CASA 01	6,8	6,8	37,2	0,6	
CASA 02	5,5	7,0	37,0	0,6	
CASA 03	4,7	7,2	86,6	5,2	
CASA 04	6,5	7,5	38,6	5,5	
CASA 05	5,2	7,6	37,4	0,9	

Em relação ao Oxigênio dissolvido (Figura 11), observa-se que as concentrações mais significativas, em torno de 7,3mg/L, foram detectadas nas cabeceiras do Córrego Pipoca (AP-03 – 7,7mg/L, AP-04 – 7,2mg/L), em sua junção com o Córrego Paulinho (AP-01 – 7,1mg/L) e no Córrego Paulinho (AP-02 – 7,4mg/L). Este nível de concentração também foi detectado no Ribeirão da Areia. As observações de campo mostraram que nas duas regiões, além dos níveis de contaminação serem menores, o Ribeirão da Areia (Amostra AP-10) mostra uma área de captação que inclui o Córrego do Cordeiro, o Córrego Maria Lucinda, o Córrego Galinha, Córrego Pipoca e o Córrego do Paulinho, totalizando aproximadamente 70km². Os menores valores que podem estar indicando prováveis contaminações antrópicas, foram observados em torno de 4,9mg/L nos Córregos Maria Lucinda (4,3mg/L), Córrego Cordeiro (5,4mg/L), Córrego Galinha (5,4mg/L) na amostra da Casa 03 (4,7mg/L) e no Ponto 03 do lago (4,8mg/L). Estes baixos valores podem ser reflexo de impactos ambientais, notadamente esgotos domésticos.

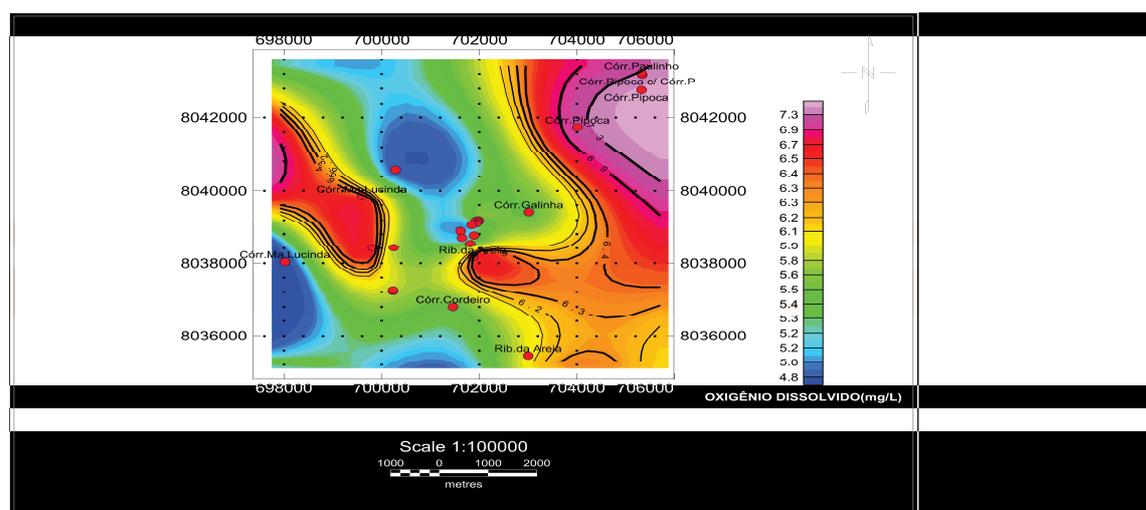


Figura 11. Mapa integrado da distribuição do Oxigênio Dissolvido (mg/L).

Quanto ao pH (Figura 12), observa-se que as concentrações mais significativas estão em torno de 7,4un, sendo que o maior valor foi detectado na amostra de água coletada na ETA SANEAGO 2 (7,7un). Outro valor acima da média foi detectado na amostra de água da Casa 05 (7,6un). Valores a partir da média e abaixo desta foram detectados nas amostras Casa 02 (7,4un), e Casa 03 (7,2un). Foi detectado ainda um valor de 7,4un na amostra Lago Ponto 01. Embora a diferença dos valores encontrados abaixo da média esteja variando em 0,9un, detectou-se que no conjunto das amostras do Lago os valores apresentaram-se entre 6,0un e 6,5un indicando um ambiente relativamente ácido. Observa-se no mapa de distribuição uma área com o pH variando entre 5,3un e 6,4un na região leste do mapa e um *trend* na direção sudoeste a noroeste no mapa variando de 6,5un a 7,6un. Estas duas áreas podem estar caracterizando a possível existência da influência de fontes ácidas e básicas respectivamente.

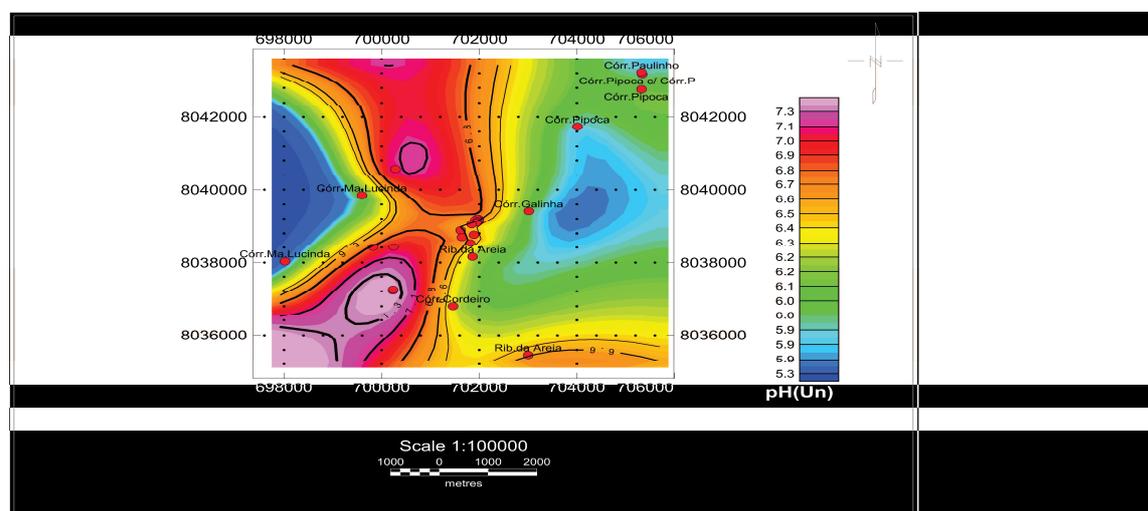


Figura 12. Mapa integrado da distribuição do pH (un).

Considera-se que a condutividade é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Quanto maior a quantidade de íons, maior a condutividade elétrica da água. Os parâmetros de condutividade podem contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram nas bacias de drenagem. Observa-se na Figura 13 que o maior valor de condutividade ocorre no Ribeirão Areia na região sudeste da área de estudo. Tal valor resulta da concentração dos íons de todos os tributários à montante. As menores concentrações foram detectadas na cabeceira do Córrego Pipoca onde a concentração dos íons é pequena. Obteve-se resultados elevados também no Córrego Maria Lucinda na região Noroeste da área de estudo.

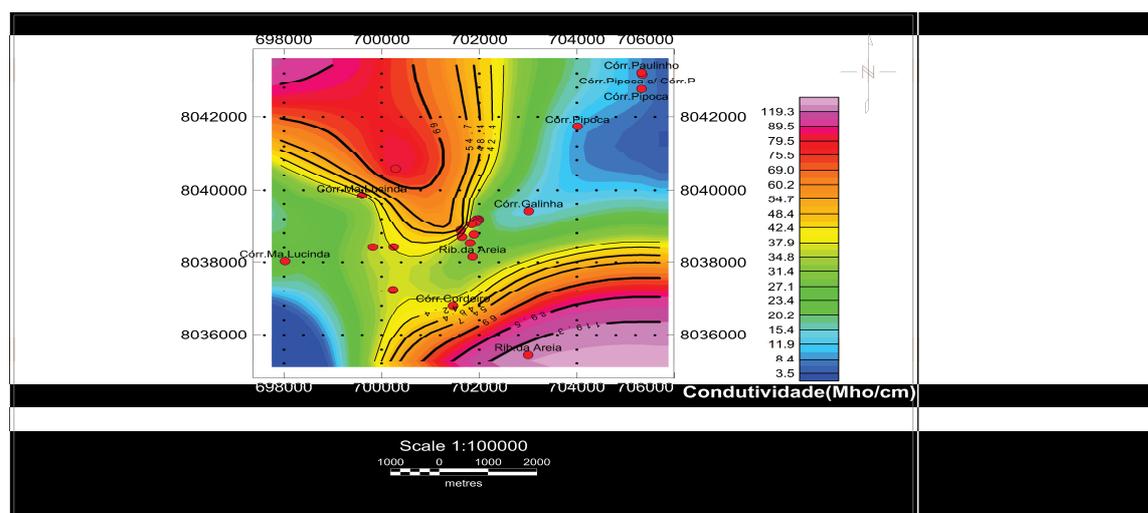


Figura 13. Mapa integrado de distribuição da Condutividade (Mho/cm).

Em relação à turbidez (Figura 14) observa-se um decréscimo nas cabeceiras dos Córregos Pipoca e Paulinho. Os valores mais elevados encontram-se agrupados nas amostras coletadas no lago. Este fato pode estar relacionado com uma maior quantidade de material em suspensão e

conseqüentemente aumentando os valores da turbidez ou mesmo por estar próximo à área urbana.

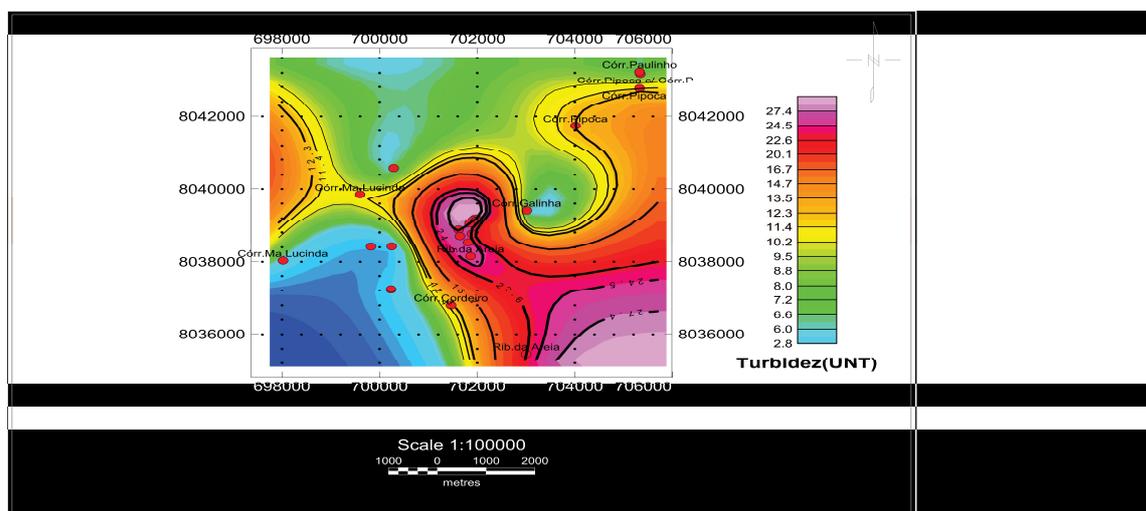


Figura 14. Mapa integrado da distribuição da Turbidez (UNT).

6.2. Análise geoquímica multielementar de sedimento de corrente

As amostras de sedimento de corrente dos córregos e ribeirões do entorno de Morrinhos-GO mostraram concentrações elevadas para alguns elementos, acima dos valores máximos permitidos pela Decisão de Diretoria N^o 195-2005, de 23 de novembro de 2005, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2007) (Tabela 3). Existem outros, no entanto, que não foram referenciados pela norma (ANEXO IV).

Tabela 4. Síntese dos valores máximos obtidos em sedimento de corrente x valores máximos permitidos pela CETESB.

ASSOCIAÇÕES	ELEMENTO	AMOSTRA	VALOR MÁXIMO DETECTADO (mg/L)	CETESB (2007) (mg/kg ⁻¹ de peso seco)
1 ^a	B	AP-05	38,890	-
	Cd	AP-05	10,800	0,500
	Fe	AP-05	32330,500	-
	Ta	AP-05	13,660	-
	Zn	AP-05	21,070	60,000
	Te	AP-05	10,770	-
	Cr	AP-05	90,790	40,000
2 ^a	Ba	AP-08	37,130	75,000
	Cu	AP-06a	22,570	35,000
3 ^a	Ca	AP-08	1095,570	-
	Mg	AP-06a / AP-08	523,550	-
	Sr	AP-08	7,620	-
	Pb	AP-06a / AP-08	10,290	17,000
4 ^a	Li	AP-06a / AP-08	11,250	-
	Ni	AP-06a / AP-08	17,040	13,000
	Sc	AP-06a / AP-08	6,240	-
5 ^a	Ga	AP-08	9,320	-
	V	AP-05	58,310	275,000
	Nb	AP-05	6,200	-
6 ^a	K	AP-10	451,200	-
	La	AP-10	26,730	-
7 ^a	Be	AP-06	0,720	-
	Y	AP-06	7,330	-
8 ^a	Mn	AP-10	119,380	-
	Ti	AP-10	586,260	-

Os estudos estatísticos realizados através do software Oásis-Montaj Versão 6.1 permitiram estabelecer os padrões geoquímicos e os valores máximos permitidos pela CETESB (2007) apresentados na Tabela 4.

Tabela 5. Sumário estatístico dos padrões geoquímicos do sedimento de corrente coletado nos córregos.

Elemento	Xmin	Xmax	X	S	1ª	2ª		3ª		CETESB (2007) mg/kg ¹ de peso seco		
					Ordem	Ordem		Ordem				
					> X+3S	X+2S - X+3S		X+S - X+2S				
Al	5243,65	35674,08	17739,39	12224,8	54413,79	42188,99	-	54413,79	29964,19	-	42188,98	-
As	0,76	3,49	1,6	0,87	4,21	3,34	-	4,21	2,47	-	3,33	3,5
B	4,6	38,89	15,03	10,08	45,27	35,19	-	45,27	25,11	-	35,18	-
Ba	7,25	37,13	17,59	10,28	48,43	38,15	-	48,43	27,87	-	38,14	75
Be	0,11	0,72	0,34	0,21	0,97	0,76	-	0,97	0,55	-	0,75	-
Ca	15,57	1095,57	238,22	325,11	1213,55	888,44	-	1213,55	563,33	-	888,43	-
Cd	0,62	10,8	4,33	3	13,33	10,33	-	13,33	7,33	-	10,32	<0,5
Co	0,11	5,72	2,51	1,61	7,34	5,73	-	7,34	4,12	-	5,72	13
Cr	14,75	90,79	41,08	21,56	105,76	84,2	-	105,76	62,64	-	84,19	40
Cu	1,88	22,57	9,77	6,94	30,59	23,65	-	30,59	16,71	-	23,64	35
Fe	4498,64	32330,32	14311,26	8261,62	39096,12	30834,5	-	39096,12	22572,88	-	30834,49	-
Ga	0,03	9,32	3,71	3,3	13,61	10,31	-	13,61	7,01	-	10,3	-
K	62,22	451,2	180,45	112,37	517,56	405,19	-	517,56	292,82	-	405,18	-
La	1,95	26,73	8,47	6,67	28,48	21,81	-	28,48	15,14	-	21,8	-
Li	0,46	11,25	3,27	3,4	13,47	10,07	-	13,47	6,67	-	10,06	-
Mg	0	523,55	126,46	171,16	639,94	468,78	-	639,94	297,62	-	468,77	-
Mn	15,6	119,38	60,52	35,08	165,76	130,68	-	165,76	95,6	-	130,67	-
Nb	0	6,2	2,31	2,34	9,33	6,99	-	9,33	4,65	-	6,98	-
Ni	2,24	17,04	8,29	4,63	22,18	17,55	-	22,18	12,92	-	17,54	13
Pb	0,56	10,29	3,67	2,92	12,43	9,51	-	12,43	6,59	-	9,5	17
Pd	0	9,66	1,97	3,29	11,84	8,55	-	11,84	5,26	-	8,54	-
Sb	0	1,82	0,66	0,54	2,28	1,74	-	2,28	1,2	-	1,73	<0,5
Sc	0,19	6,24	2,7	2,15	9,15	7	-	9,15	4,85	-	6,99	-
Se	0,04	0,23	0,11	0,05	0,26	0,21	-	0,26	0,16	-	0,2	0,25
Sr	0,47	7,62	2,16	2,13	8,55	6,42	-	8,55	4,29	-	6,41	-
Ta	0,09	13,66	5,79	4,31	18,72	14,41	-	18,72	10,1	-	14,4	-
Te	1,62	10,77	5,03	2,83	13,52	10,69	-	13,52	7,86	-	10,68	-
Ti	173,94	586,26	319,12	115,84	666,64	550,8	-	666,64	434,96	-	550,79	-
V	12,19	58,31	30,4	15,56	77,08	61,52	-	77,08	45,96	-	61,51	275
Y	0,68	7,33	3,38	1,91	9,11	7,2	-	9,11	5,29	-	7,19	-
Zn	0,25	21,07	5,28	5,88	22,92	17,04	-	22,92	11,16	-	17,03	60
Zr	0	2,56	1,01	0,79	3,38	2,59	-	3,38	1,8	-	2,58	-

Xmin – valores mínimos; Xmax – valores máximos; X – Média Aritmética e S – Desvio Padrão

A primeira associação – B – Cd – Fe – Ta – Zn – Te – Cr – mostrou concentrações mais elevadas desses elementos na amostra AP-05 (Córrego Galinha). Essa amostra apresentou concentrações de 2ª ordem para os elementos B, Cd, Fe, Zn, Te e Cr, além de concentração de 3ª ordem para o elemento Ta. A partir da matriz de correlação (Figura 15), os níveis de significância dessa associação foram considerados muito fortes para $C_{Cd-Fe}=1,00$;

$C_{Cd-Ta}=0,98$; $C_{Fe-Ta}=0,98$; $C_{B-Cd}=0,97$; $C_{B-Fe}=0,97$; $C_{Cr-Zn}=0,94$; $C_{B-Ta}=0,93$; $C_{Cd-Cr}=0,93$; $C_{Cr-Fe}=0,93$; $C_{B-Zn}=0,92$.

Matriz de correlação - Sedimentos de Corrente																															
Projeto: Dissertação de Mestrado Pesquisador: Penna, A.S. Data Relatório: 2007/10/25																															
	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Li	Mg	Mn	Nb	Ni	Pb	Pd	Sb	Sc	Se	Sr	Ta	Te	Ti	V	Yt	Zn	Zr
As		0.34	-0.10	-0.30	-0.23	0.42	0.20	0.43	-0.10	0.41	-0.04	0.22	0.34	-0.29	-0.10	0.60	0.22	-0.17	-0.04	0.09	-0.02	-0.01	0.53	-0.19	0.44	0.20	0.66	0.17	-0.05	0.50	0.35
B	0.34		0.46	0.18	0.37	0.97	0.52	0.90	0.50	0.97	0.81	0.20	0.08	0.25	0.31	0.57	0.69	0.41	0.50	0.20	0.57	0.68	0.10	0.37	0.93	0.91	0.43	0.90	0.14	0.92	0.52
Ba	-0.10	0.46		0.77	0.88	0.55	0.68	0.31	0.94	0.55	0.82	0.19	0.01	0.85	0.85	0.40	0.62	0.92	0.83	-0.08	0.11	0.88	0.34	0.91	0.62	0.51	0.18	0.75	0.78	0.23	0.36
Be	-0.30	0.18	0.77		0.76	0.26	0.41	0.18	0.66	0.26	0.52	0.37	0.29	0.58	0.63	0.19	0.26	0.69	0.56	-0.06	-0.00	0.52	0.24	0.79	0.32	0.11	0.10	0.42	0.88	-0.01	-0.03
Ca	-0.23	0.37	0.88	0.76		0.43	0.61	0.21	0.79	0.42	0.70	0.22	0.10	0.73	0.95	0.41	0.23	0.80	0.87	-0.29	-0.10	0.70	0.36	1.00	0.49	0.39	0.14	0.56	0.62	0.16	0.09
Cd	0.42	0.97	0.55	0.26	0.43		0.64	0.93	0.60	1.00	0.82	0.33	0.21	0.35	0.40	0.71	0.72	0.50	0.53	0.08	0.57	0.74	0.22	0.44	0.98	0.87	0.54	0.91	0.30	0.92	0.62
Co	0.20	0.52	0.68	0.41	0.61	0.64		0.55	0.81	0.63	0.61	0.59	0.37	0.74	0.75	0.79	0.41	0.77	0.76	0.04	0.33	0.80	0.27	0.64	0.72	0.68	0.48	0.65	0.51	0.40	0.77
Cr	0.43	0.90	0.31	0.18	0.71	0.93	0.55		0.42	0.93	0.67	0.47	0.40	0.18	0.17	0.69	0.59	0.34	0.36	0.08	0.68	0.56	0.01	0.23	0.90	0.79	0.61	0.78	0.24	0.94	0.62
Cu	-0.10	0.50	0.94	0.66	0.79	0.60	0.81	0.42		0.60	0.84	0.27	0.02	0.95	0.81	0.47	0.65	0.98	0.83	-0.08	0.32	0.96	0.15	0.82	0.66	0.61	0.17	0.79	0.73	0.32	0.59
Fe	0.41	0.97	0.55	0.26	0.42	1.00	0.63	0.93	0.60		0.82	0.31	0.19	0.35	0.39	0.69	0.73	0.50	0.54	0.10	0.58	0.74	0.20	0.44	0.98	0.89	0.53	0.92	0.30	0.92	0.62
Ga	-0.04	0.81	0.82	0.52	0.70	0.82	0.61	0.67	0.84	0.82		0.12	-0.07	0.71	0.63	0.43	0.75	0.82	0.78	-0.03	0.43	0.92	0.00	0.71	0.82	0.81	0.20	0.96	0.49	0.65	0.48
K	0.22	0.20	0.19	0.37	0.22	0.33	0.59	0.47	0.27	0.31	0.12		0.94	0.16	0.29	0.73	0.01	0.24	0.25	0.04	0.19	0.22	0.24	0.25	0.41	0.19	0.76	0.17	0.47	0.19	0.46
La	0.34	0.08	0.01	0.29	0.10	0.21	0.37	0.40	0.02	0.19	-0.07	0.94		-0.09	0.15	0.67	-0.17	0.01	0.07	-0.11	0.04	-0.04	0.32	0.12	0.29	-0.02	0.79	-0.02	0.38	0.17	0.23
Li	-0.29	0.25	0.85	0.58	0.73	0.35	0.74	0.18	0.95	0.35	0.71	0.16	-0.09		0.79	0.30	0.48	0.96	0.79	-0.15	0.22	0.87	-0.02	0.75	0.41	0.46	-0.03	0.60	0.65	0.09	0.52
Mg	-0.10	0.31	0.85	0.63	0.95	0.40	0.75	0.17	0.81	0.39	0.63	0.29	0.15	0.79		0.54	0.20	0.82	0.91	-0.27	-0.14	0.72	0.43	0.95	0.49	0.42	0.23	0.52	0.57	0.11	0.27
Mn	0.60	0.57	0.40	0.19	0.41	0.71	0.79	0.69	0.47	0.69	0.43	0.73	0.67	0.30	0.54		0.28	0.40	0.52	-0.13	0.19	0.49	0.50	0.43	0.78	0.55	0.86	0.51	0.35	0.60	0.66
Nb	0.22	0.69	0.62	0.26	0.23	0.72	0.41	0.59	0.65	0.73	0.75	0.01	-0.17	0.48	0.20	0.28		0.56	0.36	0.28	0.56	0.77	0.06	0.28	0.72	0.68	0.23	0.84	0.43	0.57	0.63
Ni	0.17	0.41	0.02	0.60	0.80	0.60	0.77	0.34	0.98	0.60	0.82	0.24	0.01	0.96	0.82	0.10	0.66		0.87	0.00	0.20	0.92	0.07	0.82	0.67	0.64	0.10	0.73	0.73	0.23	0.61
Pb	-0.04	0.50	0.83	0.56	0.87	0.53	0.76	0.36	0.83	0.54	0.78	0.25	0.07	0.79	0.91	0.52	0.36	0.87		-0.08	0.02	0.83	0.20	0.88	0.62	0.63	0.27	0.71	0.50	0.30	0.37
Pd	0.09	0.20	-0.08	-0.06	-0.29	0.08	0.04	0.08	-0.08	0.10	-0.03	0.04	-0.11	-0.15	-0.27	-0.13	0.28	-0.09	-0.08		0.17	0.07	-0.02	-0.24	0.09	0.28	0.01	0.16	-0.15	-0.03	0.17
Sb	-0.02	0.57	0.11	-0.00	-0.10	0.57	0.33	0.68	0.32	0.58	0.43	0.10	0.04	0.22	-0.14	0.10	0.56	0.20	0.02	0.17		0.43	-0.45	-0.10	0.51	0.62	0.13	0.52	0.10	0.61	0.62
Sc	-0.01	0.68	0.88	0.52	0.70	0.74	0.80	0.56	0.96	0.74	0.92	0.22	-0.04	0.87	0.72	0.49	0.77	0.92	0.83	0.07	0.43		0.08	0.72	0.78	0.79	0.22	0.91	0.58	0.49	0.68
Se	0.53	0.10	0.34	0.24	0.36	0.22	0.27	0.01	0.15	0.20	0.00	0.24	0.32	-0.02	0.43	0.50	0.06	0.07	0.20	-0.02	-0.45	0.08		0.40	0.29	-0.02	0.48	0.08	0.29	0.02	-0.01
Sr	-0.19	0.37	0.91	0.79	1.00	0.44	0.64	0.23	0.82	0.44	0.71	0.25	0.12	0.75	0.95	0.43	0.28	0.82	0.88	-0.24	-0.10	0.72	0.40		0.51	0.40	0.18	0.59	0.67	0.15	0.13
Ta	0.44	0.93	0.62	0.32	0.49	0.98	0.72	0.90	0.66	0.98	0.82	0.41	0.29	0.41	0.49	0.78	0.72	0.57	0.82	0.09	0.51	0.78	0.29	0.51		0.87	0.63	0.91	0.39	0.86	0.86
Te	0.20	0.91	0.51	0.11	0.39	0.87	0.68	0.79	0.61	0.89	0.81	0.19	-0.02	0.46	0.42	0.55	0.68	0.54	0.63	0.28	0.62	0.79	-0.02	0.40	0.87		0.36	0.89	0.10	0.77	0.69
Ti	0.66	0.43	0.18	0.10	0.14	0.54	0.48	0.61	0.17	0.53	0.20	0.76	0.79	-0.03	0.23	0.86	0.23	0.10	0.27	0.01	0.13	0.22	0.48	0.18	0.63	0.36		0.34	0.29	0.47	0.48
V	0.17	0.90	0.75	0.42	0.56	0.91	0.65	0.78	0.79	0.92	0.96	0.17	-0.02	0.60	0.52	0.51	0.84	0.73	0.71	0.16	0.52	0.91	0.08	0.59	0.91	0.89	0.34		0.44	0.75	0.60
Yt	-0.05	0.14	0.78	0.88	0.62	0.30	0.51	0.24	0.73	0.30	0.49	0.47	0.38	0.65	0.57	0.35	0.43	0.73	0.50	-0.15	0.10	0.58	0.29	0.67	0.39	0.10	0.29	0.44		0.04	0.25
Zn	0.50	0.92	0.23	-0.01	0.16	0.92	0.40	0.94	0.32	0.92	0.65	0.19	0.17	0.09	0.11	0.60	0.57	0.23	0.30	-0.03	0.61	0.49	0.02	0.15	0.86	0.77	0.47	0.75	0.04		0.51
Zr	0.35	0.32	0.30	-0.03	0.09	0.02	0.77	0.02	0.59	0.02	0.48	0.40	0.23	0.52	0.27	0.00	0.03	0.51	0.37	0.17	0.02	0.08	-0.01	0.13	0.00	0.09	0.48	0.00	0.25	0.51	

Figura 15. Matriz de correlação para os sedimentos de corrente.

Em se tratando da ação biológica de cada elemento, considera-se que o B (Figura 16) não é significativamente tóxico. Contudo, quando em pó muito fino, é

duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, depois de se estar em contato com o mesmo. Ao ser acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação dos seus compostos, atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos, diarreia e, em casos extremos, leva o indivíduo ao coma (Cortecchi, 2007). Em altas concentrações pode ser encontrado nos ossos, baço e tireóide, reduzindo a excreção de cálcio e magnésio. O uso desse elemento químico é recomendado no tratamento de osteoporose e artrite, após a menopausa (Shils & Shike, 1994). Para as amostras de sedimento de corrente o elemento B foi analisado através do método de ICP-OES através do qual obteve-se o valor máximo 38,89 mg/Kg. Determinaram-se como parâmetros para análise, os valores estipulados pela CETESB (2007) que, para o elemento, não determinou valor de referência.

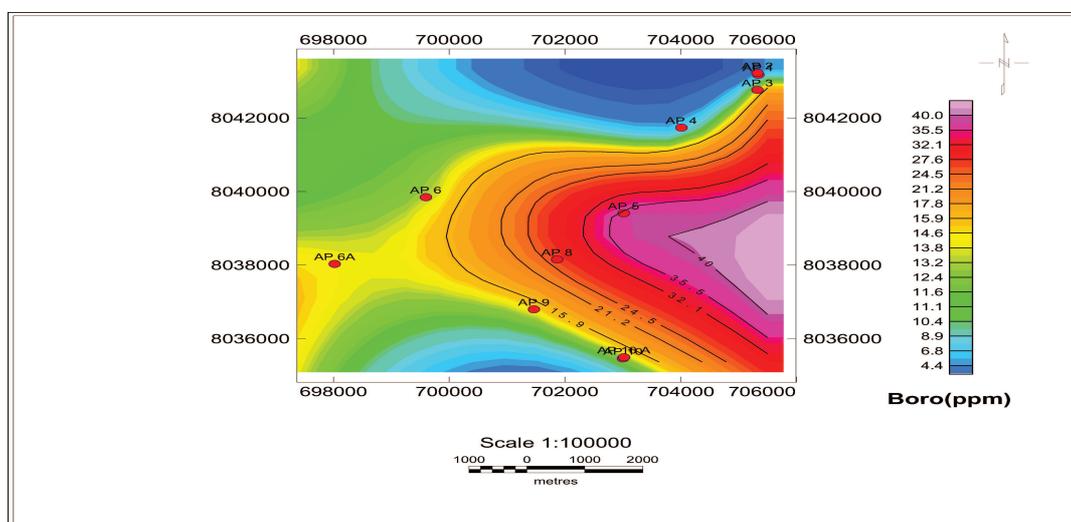


Figura 16. Mapa de distribuição do Boro em sedimento de corrente.

O Cd (Figura 17) apresenta-se como um elemento tóxico, carcinogênico, que causa sérios danos aos rins, aos pulmões e até à próstata. Intoxicações leves por cádmio podem causar salivação, fadiga, perda de peso, fraqueza muscular e

disfunção sexual. Em níveis elevados pode afetar testículos, paredes arteriais e o sistema enzimático (Sacchetti, 1997). Encontrou-se para o Cd um valor máximo de 10,8mg/Kg que se apresenta muito superior àquele definido pela norma considerada para análise (<0,5mg/Kg).

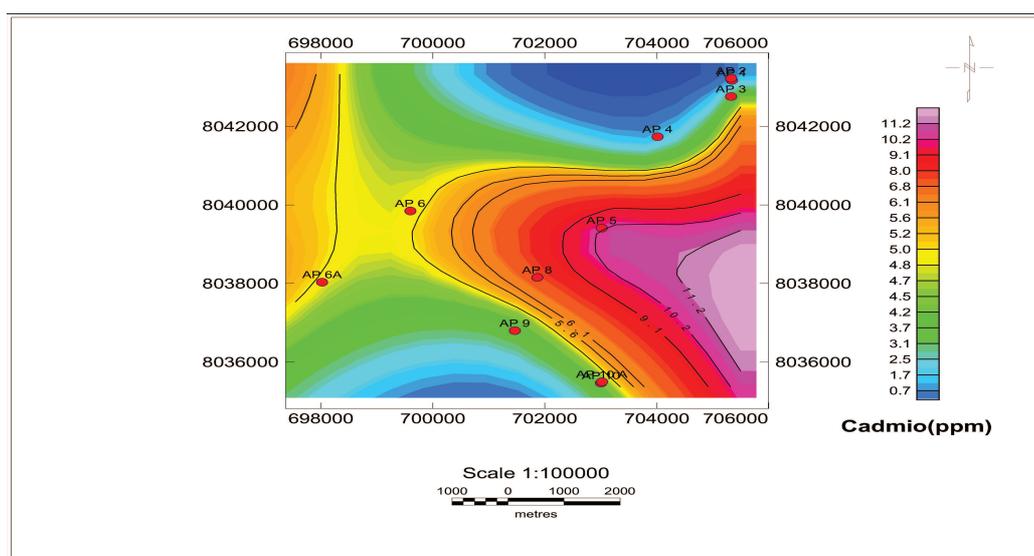


Figura 17. Mapa de distribuição do Cádmio em sedimento de corrente.

O Fe (Figura 18) é um elemento que se limita quase exclusivamente ao transporte de oxigênio no sangue, por intermédio da hemoglobina existente nos glóbulos vermelhos, ambos presentes em algumas enzimas do sistema respiratório que catalisam mecanismos de oxidação celular. A deficiência deste mineral é comum, principalmente pela perda na urina e transpiração e em mulheres durante a menstruação ou a gravidez, resultando em anemia (Cortecci, 2007). Apurou-se para esse elemento um valor máximo de 32330,32mg/Kg. Contudo, não foi considerado na norma valor de referencia para análise.

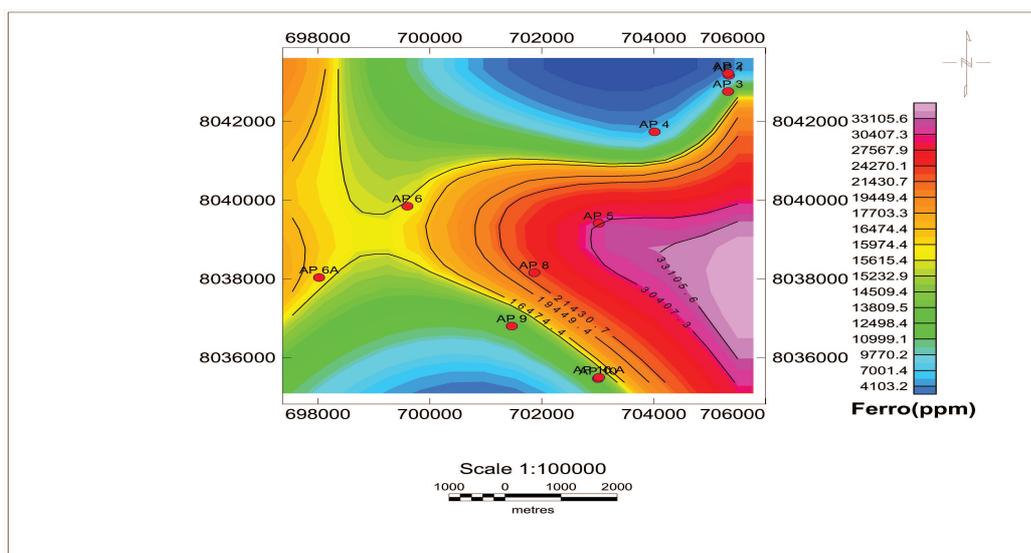


Figura 18. Mapa de distribuição do Ferro em sedimento de corrente.

O Ta (Figura 19), por ser não-irritante e totalmente imune à ação dos fluidos corporais, é usado extensivamente para produzir equipamentos e implantes cirúrgicos em medicina e odontologia. Seus compostos raramente são encontrados, e o metal normalmente não causa problemas quando manuseado em laboratório, entretanto deve ser considerado como altamente tóxico. Há alguma evidência que os compostos deste elemento podem causar tumores, e a poeira do metal é explosiva (Winter, 2007). Foi encontrado o valor máximo de 13,66 mg/Kg para este elemento. A CETESB (2007) não considera valores para o Ta.

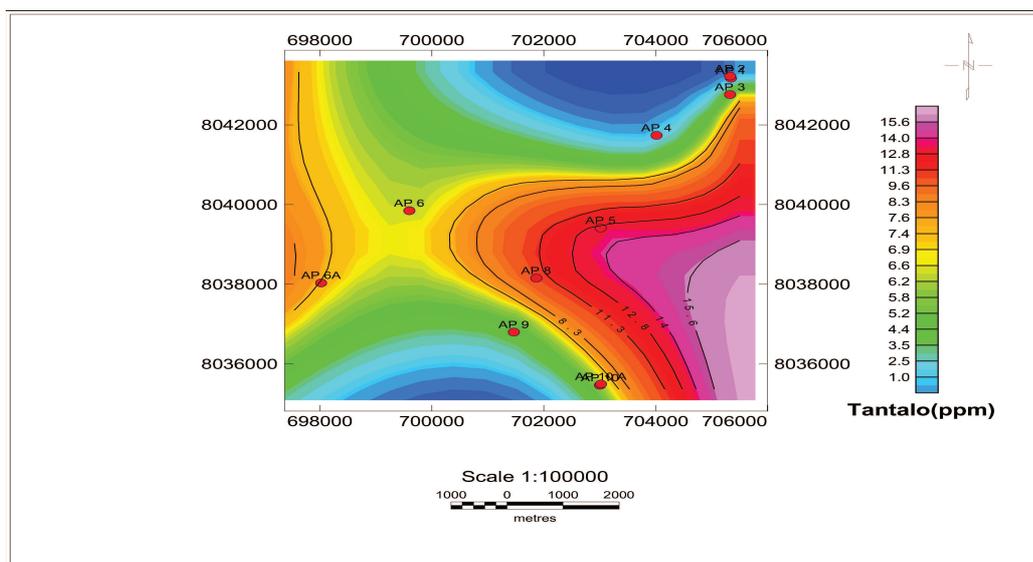


Figura 19. Mapa de distribuição do Tântalo em sedimento de corrente.

O Zn (Figura 20) tem sido conhecido como elemento essencial da vida, pois é envolvido nos processos de estabilidade genética, na estrutura da cromatina, na replicação do DNA, na transcrição do RNA e, ainda, facilita o processo de manutenção dos tecidos e órgãos vitais. Auxilia no bom funcionamento do sistema imunológico, na produção de glóbulos brancos que realizam a fagocitose, exerce influência sobre a regulação da glicose do sangue, atua na secreção de insulina (hormônio produzido pelo pâncreas), está relacionado à síntese do hormônio de crescimento e, facilita a absorção gastrointestinal e a cicatrização de machucados e lesões (Lindh, 2005). Seus efeitos tóxicos começam com doses entre 100 a 250mg/dia após 10 a 15 horas: epigastralgia, náuseas, vômitos, cefaléia, dores torácicas e nos membros inferiores, anemia, danos pancreáticos e aumento dos níveis de colesterol (Cortecci, 2007). Encontrou-se para esse elemento um valor máximo de 21,07mg/Kg que é bastante inferior ao valor determinado pela norma (60mg/Kg).

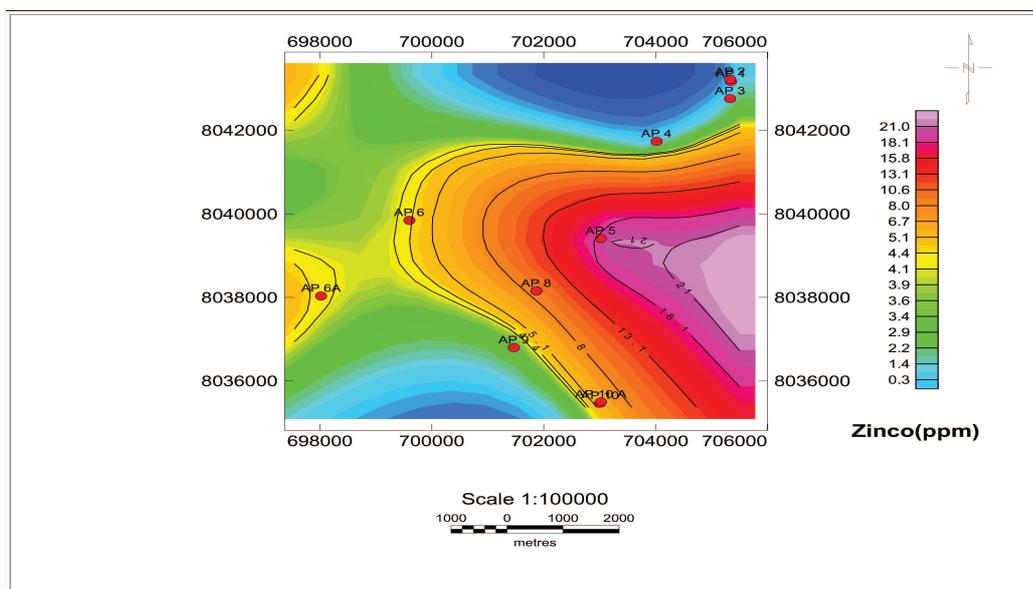


Figura 20. Mapa de distribuição do Zinco em sedimento de corrente.

O Te (Figura 21) tem como principais sintomas de intoxicação: vertigens, náuseas, dores de cabeça, sonolência observando-se também a secura da boca e aparecimento de um forte hálito, extremamente desagradável. Este pode ser minimizado pela ingestão de ácido ascórbico (vitamina C). O elemento é eliminado pelo corpo através dos pulmões, da urina, das fezes e do suor. Apesar de não haver registro de intoxicações agudas provocadas por este elemento, deve-se ter sempre bastante cuidado no seu manuseio (Winter, 2007).

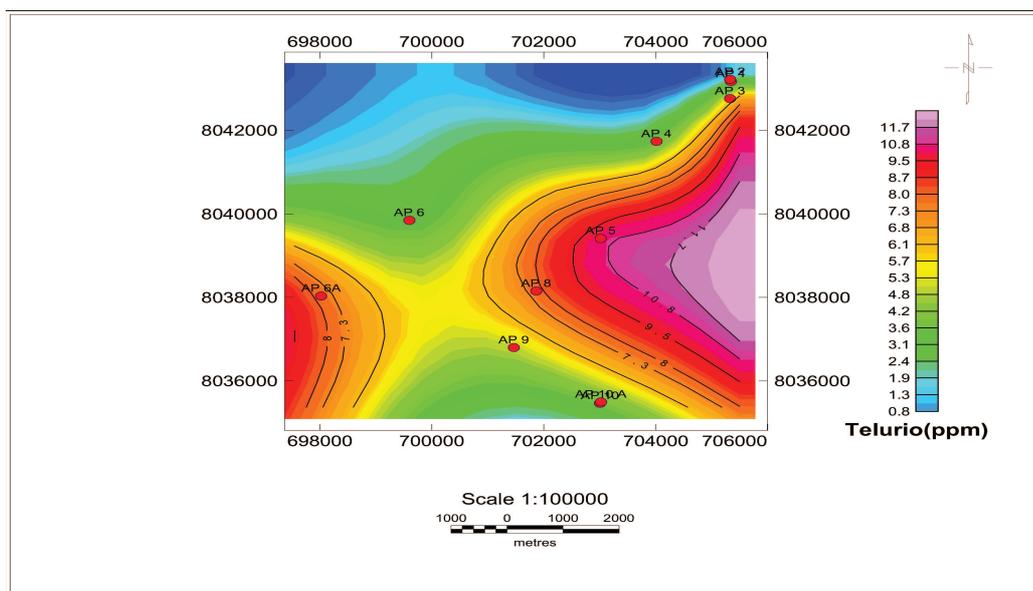


Figura 21. Mapa de distribuição do Telúrio em sedimento de corrente.

O Cr (Figura 22) é tido como um elemento químico essencial, cujos estudos ainda não foram conduzidos com sucesso, uma vez que não se conhece com exatidão sua função biológica. Alguns de seus complexos parecem participar da potencialização da ação da insulina, na conversão da glicose em dióxido de carbono ou lipídios, sendo assim, denominado de "fator de tolerância à glicose", devido a essa relação com a ação da insulina. A ausência de Cr provoca aparecimento de diversos distúrbios, como tumores nos pulmões e mutagenicidade. Os compostos de Cr+6 (Cromo Hexavalente) são muito oxidantes e altamente carcinógenos (Lindh, 2005). Encontrou-se para o Cr um valor máximo de 90,79mg/Kg. Tal valor supera em dobro o valor máximo estipulado pela CETESB (2007) que é de 40 mg/Kg.

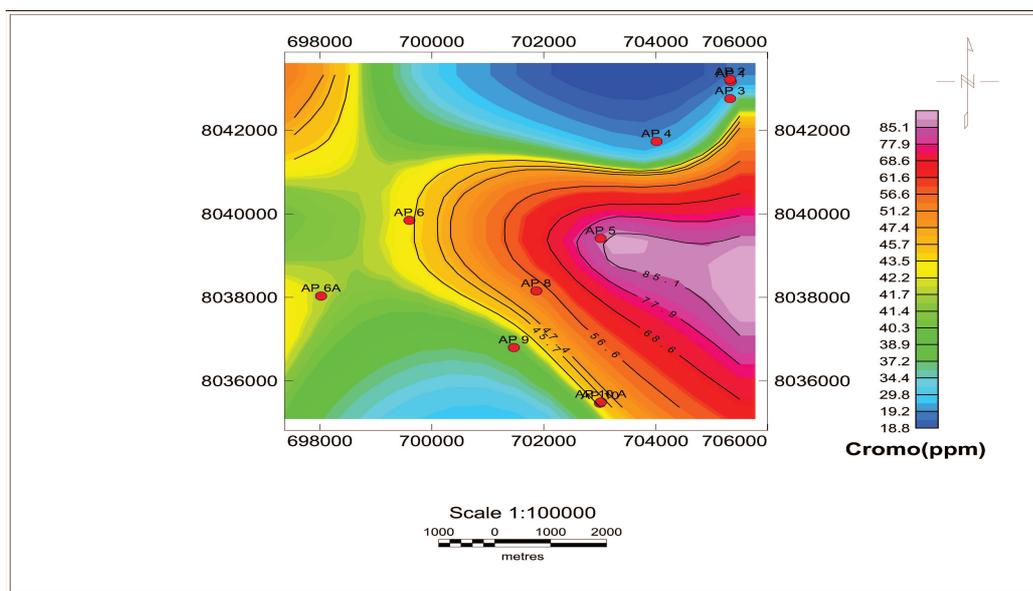


Figura 22. Mapa de distribuição do Cromo em sedimento de corrente.

A segunda associação – Ba – Cu – mostrou concentrações mais elevadas desses elementos nas amostras AP-06a (Córrego Maria Lucinda) para o Cu e AP-08 (Ribeirão Areia) para o Ba. Ambas as amostras apresentaram concentrações de 3ª ordem para os elementos em questão. A partir da matriz de correlação (Figura 15), os níveis de significância dessa associação foram considerados muito fortes para $C_{Ba-Cu}=0,94$. Em se tratando da ação biológica dos elementos da associação, considera-se que a quantidade de Ba (Figura 23) encontrada na comida e na água geralmente não é suficientemente alta para comprometer a saúde. Os maiores riscos para a saúde são causados pela aspiração do ar que contém o sulfato de bário ou carbonato de bário. Os sintomas do envenenamento dos compostos de bário podem causar hipertensão arterial, arritmias, diminuição dos reflexos nervosos, processos inflamatórios no fígado e cérebro (Shils & Shike, 1994). Tem-se para este elemento um valor máximo apurado de 37,13mg/Kg, sendo que a norma da CETESB (2007) estipula um valor máximo de 75mg/Kg.

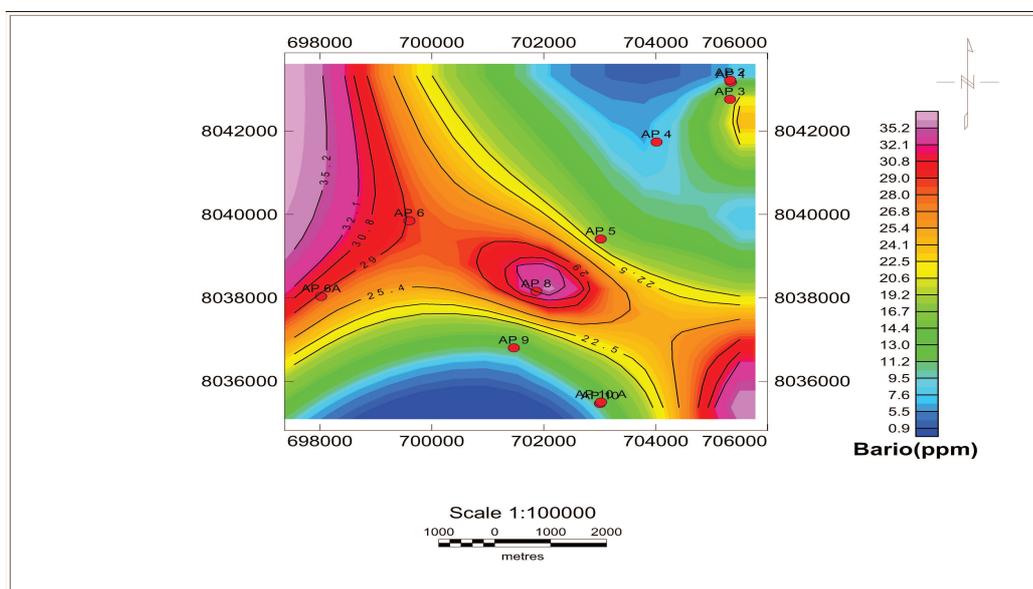


Figura 23. Mapa de distribuição do Bário em sedimento de corrente.

O Cu (Figura 24) é um elemento traço essencial para a sobrevivência de todos os organismos servindo como importante co-fator na química da redução de proteínas (Lindh, 2005). Está ligado ao metabolismo de numerosas enzimas: as transaminases que atuam no metabolismo de aminoácidos, a ceruloplasmiana que atua no transporte do elemento próprio, a lisina-oxidase que atua na formação do colágeno e da elastina (importante na elasticidade das paredes das artérias) e a tirosinase que possui um papel na pigmentação da pele (Lindh, 2005). O excesso desse elemento está ligado a alterações cerebrais que podem incluir os distúrbios emocionais, a depressão, o nervosismo e irritabilidade, sintomas semelhantes aos do mal de Parkinson e alterações, tais como a fadiga, dores musculares e nas juntas, anemia hemolítica, queda de vitamina A, necrose hepática, icterícia e lesão renal. A Doença de Wilson também pode contribuir para um depósito de Cu no fígado, córnea, rins e cérebro, devido à má função de

excreção biliar. Esta doença pode ocasionar ao seu portador outras manifestações clínicas tais como cirrose hepática, hepatite crônica, anemia hemolítica, prejuízo na coordenação motora com consecutiva anormalidade de marcha e postura, anéis de Keyser-Fleischer nas córneas, diminuição da filtração glomerular nos rins, demência, esquizofrenia, além de cardiopatias (Teixeira, 2007). O aumento de Cu está associado, também, ao aumento de radicais livres. Em mulheres o elemento pode estar aumentado devido ao uso de contraceptivos orais ou ao uso de Dispositivo Intra Uterino com fio de cobre (Shils & Shike, 1994). Para esse elemento obteve-se o valor máximo de 22,57 mg/Kg, abaixo do valor de referência da CETESB (2007) que é de 35mg/Kg.

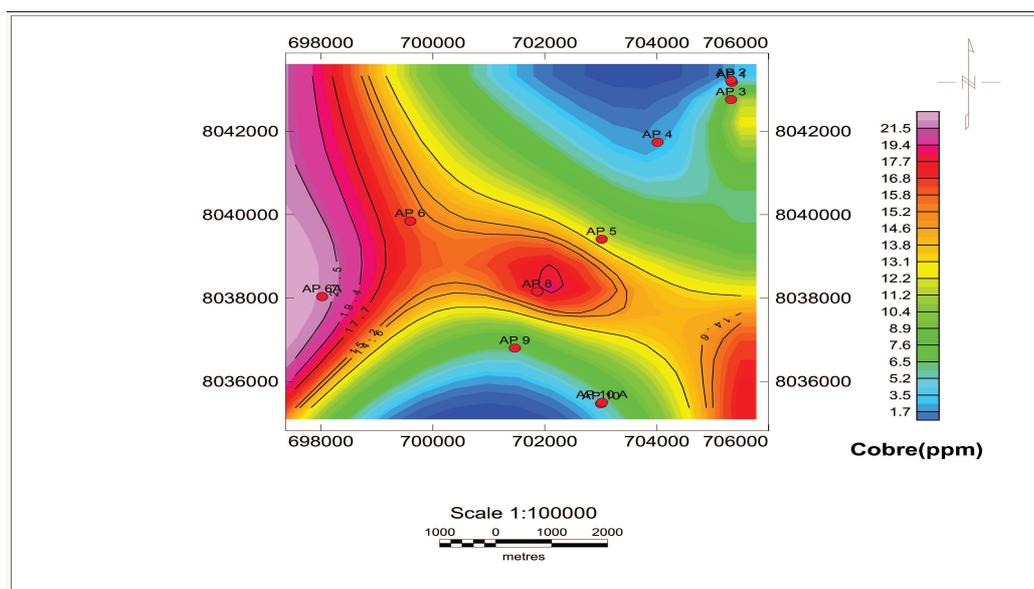


Figura 24. Mapa de distribuição do Cobre em sedimento de corrente.

A terceira associação – Ca – Mg – Sr – Pb – mostrou concentrações mais elevadas desses elementos na amostra AP-08 (Ribeirão Areia) e na amostra AP-06a (Córrego Maria Lucinda) para os elementos Mg e Pb. A amostra AP-08 apresentou concentrações de 1ª ordem para o elemento Ca e de 2ª ordem para o Mg, Sr e Pb. A amostra AP-06a, por sua vez, apresentou concentração de 2ª ordem para os elementos Mg e Pb. A partir da matriz de correlação (Figura 15), os níveis de significância dessa associação foram considerados muito fortes e fortes para $C_{Ca-Sr}=1,00$; $C_{Ca-Mg}=0,95$; $C_{Mg-Sr}=0,95$; $C_{Mg-Pb}=0,91$; $C_{Pb-Sr}=0,88$; $C_{Ca-Pb}=0,87$. Ao se falar da ação biológica dos elementos dessa associação considera-se que o Ca (Figura 25), localizado principalmente nos ossos, nos dentes, nos tecidos e em fluídos corporais, intervêm no metabolismo celular, tem presença ativa no controle de impulsos nervosos, ação muscular, coagulação do sangue e permeabilidade celular. A deficiência deste elemento pode provocar raquitismo, falhas no mecanismo de coagulação sanguínea, distúrbios nervosos e convulsões musculares. O excesso do elemento também é prejudicial, podendo provocar calcificações excessivas nos ossos (poliartroses) e rins (litíase renal) (Cortecci, 2007). Para esse elemento obteve-se o valor máximo de 1095,57 mg/Kg. A CETESB (2007) não definiu valor de referência para este elemento.

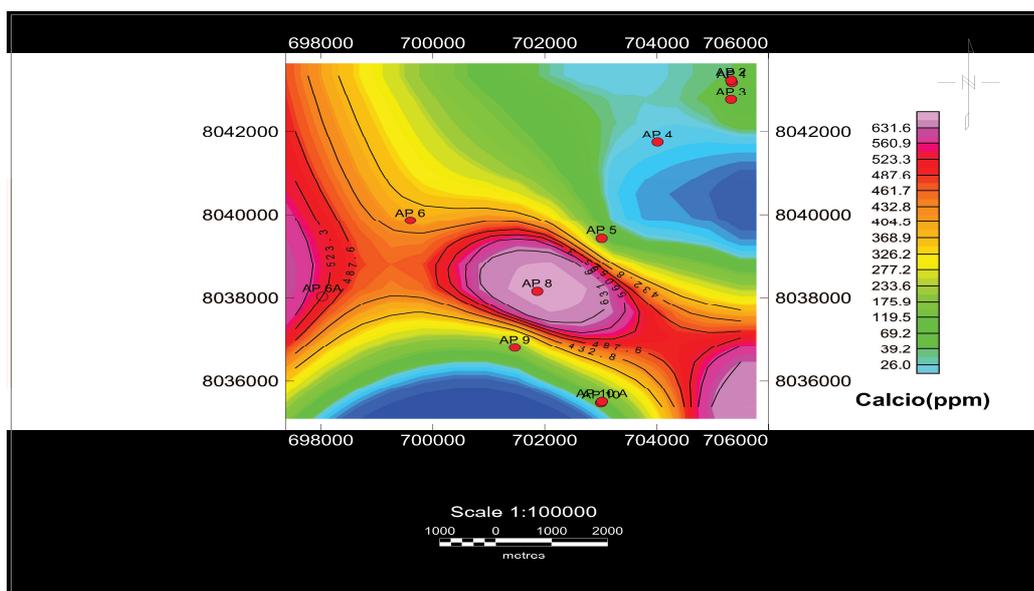


Figura 25. Mapa de distribuição do Cálcio em sedimento de corrente.

O Mg (Figura 26) é um elemento químico que atua na composição dos ossos e desempenha papel importante, como coenzima, nas reações de ATP (Adenosina Tri-Fosfato) que ocorrem no interior das células. Uma relação extraordinária entre a dureza das águas (controlada essencialmente por Ca e Mg) e a incidência de doenças cardiovasculares foi considerada em base a uma correlação negativa, ainda que fraca, entre esses dois parâmetros, em várias regiões do mundo industrializado e não industrializado. Crê-se que o elemento responsável por essa relação seja o Mg que, nas águas examinadas, estava presente com mais de 10%. Além disso, o teor de Mg no miocárdio de pacientes mortos por enfarto e que em vida haviam bebido água relativamente leve resultou ser, na média, 6% mais baixo que nos pacientes enfartados que, em vida, haviam consumido água relativamente dura. Por fim, pacientes mortos por enfarto apresentaram teores de Mg nos tecidos cardíacos estatisticamente menores que pacientes mortos por outras causas (Bigazzi, 1996). Obteve-se, para esse

elemento, o valor máximo de 523,55 mg/Kg. A norma da CETESB (2007) também não definiu valor de referência para este elemento.

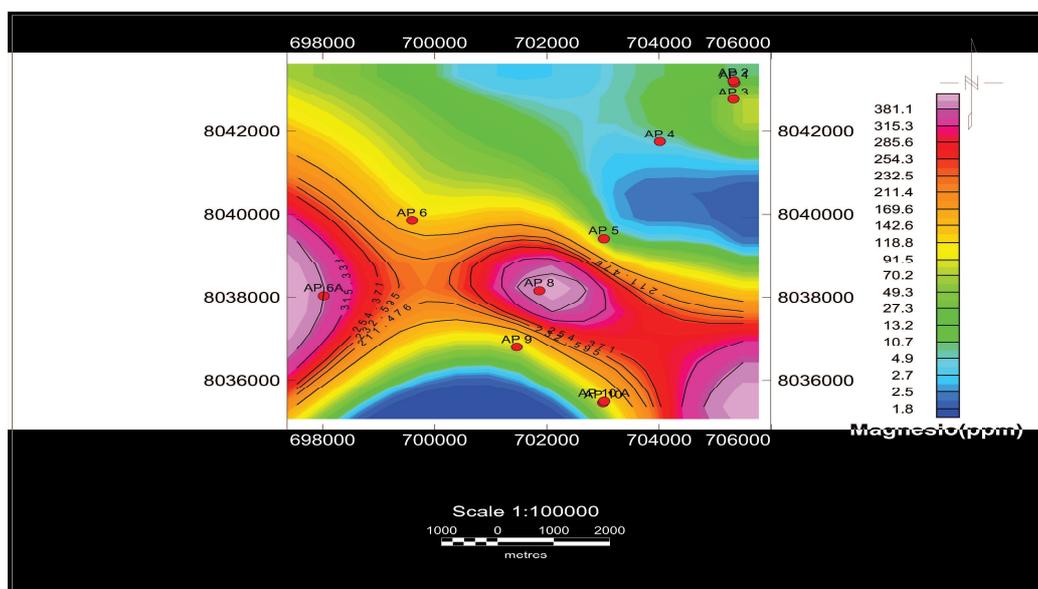


Figura 26. Mapa de distribuição do Magnésio de sedimento de corrente.

O Sr (Figura 27) não tem aplicações diretas, como metal. No entanto, os seus compostos podem ser usados comercialmente, como é o caso do carbonato e do óxido, na indústria açucareira para recobrir as melaças, ou ainda do nitrato de estrôncio, usado em pirotecnia, produção de fogos de artifício, fogos de sinal ou alarme pois produz uma chama vermelho-carmim. O SrS (sulfeto de estrôncio) é usado como depilatório e em tintas luminescentes devido às suas propriedades específicas. O Sr 90 é um isótopo radioativo que não existe na natureza e apresenta-se como produto das reações de fusão em centrais nucleares e armas nucleares, tendo uma vida média de 28 anos, o que significa que perde no fim nesse tempo a metade de sua radiatividade (ECRR, 2004). Apurou-se para o

elemento o valor máximo de 7,62 mg/Kg. Não foram definidos pela CETESB (2007) valores de referência para este elemento.

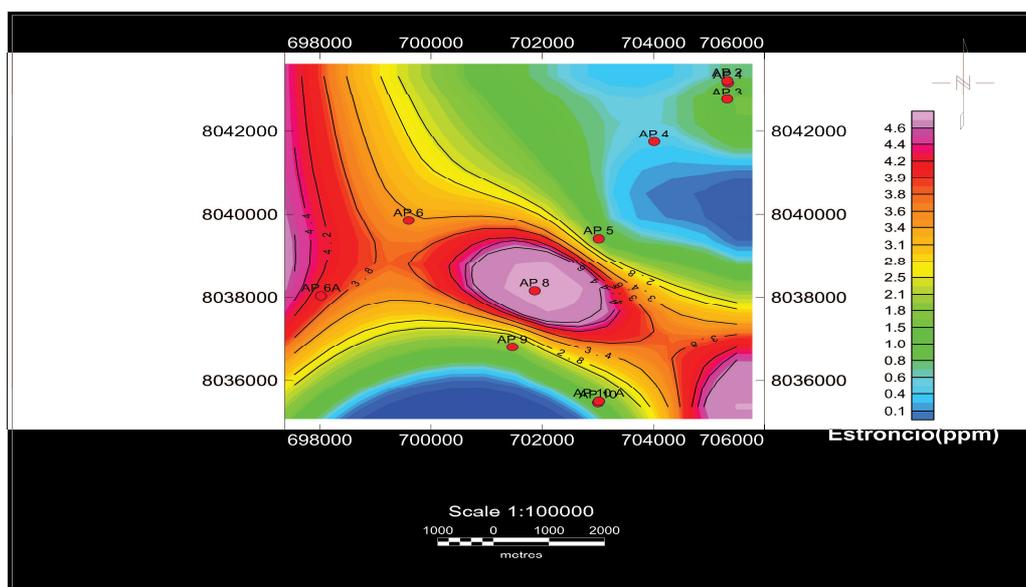


Figura 27. Mapa de distribuição do Estrôncio em sedimento de corrente.

O Pb (Figura 28) não é um elemento essencial para a vida humana, mas sobretudo um elemento tóxico quando sua concentração supera um pouco os valores normais. Este elemento é comum na crosta terrestre e, portanto, bem disponível ao homem (Bigazzi, 1996). A patologia mais freqüente no caso de envenenamento por Pb, o saturnismo, é representada por desordens neurológicas muito graves. Dentre essas, a encefalopatia é particularmente perigosa nas crianças e pode levar a danos irreversíveis do cérebro (Cortecci, 2007). Tem-se 10,29 mg/Kg como valor máximo obtido para o elemento em questão, valor este que se apresenta abaixo ao determinado como máximo pela norma da CETESB (2007) que é de 17 mg/Kg.

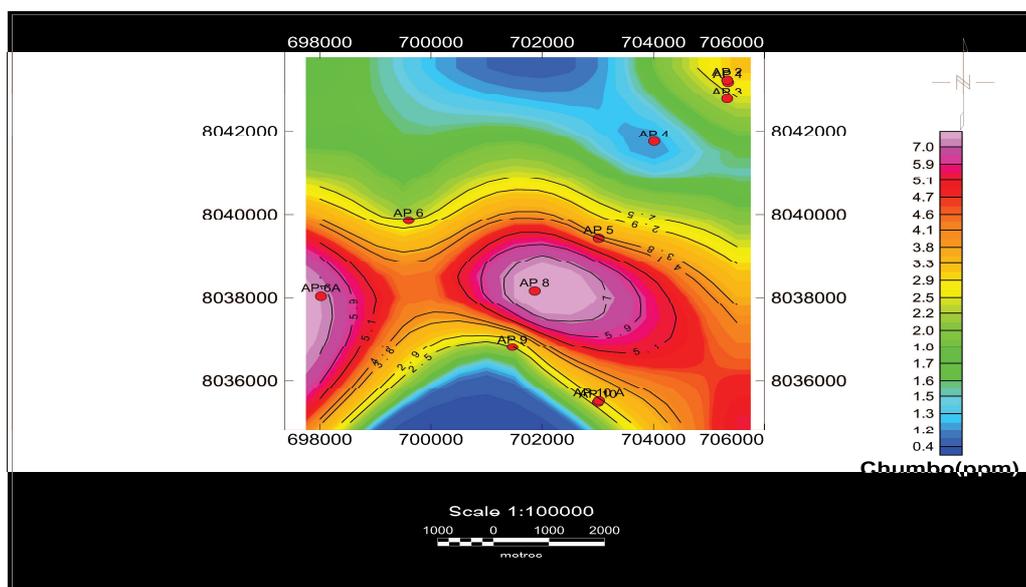


Figura 28. Mapa distribuição do Chumbo em sedimento de corrente.

A quarta associação – Li – Ni – Sc – apresentou concentrações mais elevadas desses elementos nas amostras AP-06a (Córrego Maria Lucinda) e AP-08 (Ribeirão Areia). Estas amostras apresentaram concentrações de 2^a ordem para o elemento Li e de 3^a ordem para os elementos Ni e Sc. A partir da matriz de correlação (Figura 15), os níveis de significância dessa associação foram considerados muito fortes para $C_{Li-Ni}=0,96$ e $C_{Ni-Sc}=0,92$. Considerando a ação biológica dos elementos químicos desta associação tem-se que o Li (Figura 29) é considerado como sendo o metal alcalino mais tóxico. Seus efeitos podem ser desprezados não havendo nenhum risco importante para a saúde humana. Deve evitar-se a ingestão excessiva de seus compostos pois estes podem causar abatimentos nervosos e tonturas (Bigazzi, 1996). No entanto, estes compostos, em doses apropriadas, são utilizados no tratamento de doenças maníaco-depressivas e também utilizados para acabar com as oscilações de Depressão, Hipomania ou de Mania, para potencializar antidepressivos, para prevenir certas

formas de enxaqueca e para controlar impulsividade e agressividade patológicos. Os sintomas de intoxicação são: tremor forte, voz pastosa, pernas fracas, diarreia, vômitos, fraqueza muscular e dores nos braços e pernas (OMS, 1998). Tem-se para este elemento um valor máximo apurado de 11,25mg/Kg. Contudo, a norma da CETESB (2007) não o considera em seus valores de referência.

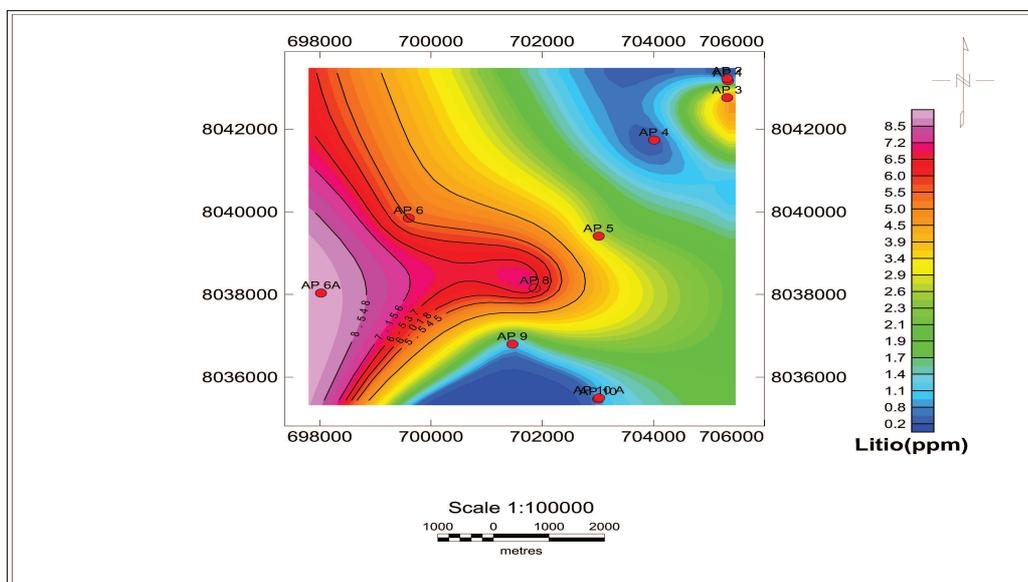


Figura 29. Mapa de distribuição do Lítio em sedimento de corrente.

Em relação ao Ni (Figura 30) sabe-se que em quantidades pequenas tem sido classificado como um elemento importante para o desenvolvimento. Em doses elevadas é tóxico, podendo causar: irritação gastrointestinal (vômitos e diminuição do apetite), alterações neurológicas (dor de cabeça, vertigem), alterações musculares (fraqueza muscular), alterações cardíacas, alergias e asma. O excesso deste elemento pode chegar a ter conseqüências graves como necrose e carcinoma do fígado e câncer de pulmão (Shils & Shike, 1994). Foi